

Guía práctica métrica para la industria de la soldadura



American Welding Society

Palabras clave— sistema métrico, unidades del SI, conversiones, reglas de redondeo, números preferidos

AWS A1.1:2001

**Traducción de:
Metric Practice Guide
for the Welding Industry
An American National Standard**

**Documento original aprobado por el
American National Standards Institute
1 de octubre de 2001**

Guía práctica métrica para la industria de la soldadura

Reemplaza a la norma ANSI/AWS A1.1:1998

Preparado por el
Comité A1 de Sistema métrico de la AWS

Con la dirección del
Comité de Actividades Técnicas de la AWS

Documento original aprobado por la
Junta Directiva de la AWS

Resumen

Esta guía acerca del sistema métrico se basa en el Sistema Internacional (SI) de Unidades según se define en la notificación del *Registro Federal de EE. UU.* del 28 de julio de 1998, “Sistema métrico de medición: interpretación del sistema internacional de unidades para los Estados Unidos.” Ésta incluye las unidades básicas, las unidades derivadas y las reglas para su uso. También se tratan los factores y reglas de conversión para su uso al convertir las unidades de pulgadas y libras a unidades del SI.

Se presentan recomendaciones de estilo y uso en áreas tales como prefijos, puntuación, agrupamiento de números, etc. Además, hay sugerencias para que la industria maneje la transición.



American Welding Society

Descargo de responsabilidad

Esta publicación es una traducción del American National Standard original en inglés. La única versión aprobada por el American Standard Institute es la versión en inglés. Aunque se han llevado a cabo los máximos esfuerzos para crear una traducción precisa, AWS no garantiza la precisión o exactitud del texto, y AWS tampoco se hace responsable por ningún error, ambigüedad u omisión que aparezca en este documento como resultado de la traducción. El texto en inglés es la única versión oficial y será la cual deberá ser referida en caso de conflicto.

Disclaimer

This publication is translated from the original English version of an American National Standard. The only version approved by the American Standard Institute is the English language version. While reasonable efforts have been made to ensure an accurate translation, AWS makes no warranty as to precision or completeness, nor is AWS responsible for any errors, omission, or ambiguities appearing in this document as a result of the translation. The English text is the only official version and shall be referred to in case of dispute.

Declaración sobre el uso de las normas de la American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura)

Todas las normas (códigos, especificaciones, prácticas recomendadas, métodos, clasificaciones y guías) de la American Welding Society son normas de consenso voluntario que se han desarrollado de acuerdo con las reglas del American National Standards Institute. Cuando se incorporan o anexas normas de la AWS a documentos que están bajo normativas estatales y federales o normativas de otros organismos gubernamentales, sus disposiciones portan toda la autoridad legal del estatuto. En tales casos, cualquier cambio en esas normas de la AWS deberá contar con la aprobación del organismo gubernamental que tenga jurisdicción estatutaria antes de que puedan formar parte de esas leyes y reglamentos. En todos los casos, estas normas tienen toda la autoridad legal del contrato u otro documento que invoque las normas de la AWS. Donde exista una relación contractual, los cambios o las desviaciones de los requisitos de una norma de la AWS deben acordarse entre las partes contratantes.

Número Internacional Normalizado del Libro: 978-0-87171-980-5

American Welding Society, 8669 Doral Blvd, Doral, FL 33166

© 2013 por American Welding Society. Todos los derechos reservados
Impreso en los Estados Unidos de Norteamérica

Las normas nacionales estadounidenses de la AWS se producen a través de un proceso de desarrollo de normas de consenso que reúne a voluntarios que representan diversos intereses y puntos de vista para lograr el consenso. Si bien la AWS administra el proceso y establece las reglas para alentar la equidad en el desarrollo del consenso, no ensaya, evalúa ni comprueba independientemente la exactitud de la información o la solidez de cualquier criterio incluido en sus normas.

La AWS se exime de la responsabilidad de cualquier lesión personal o daño a la propiedad u otros tipos de daño de cualquier naturaleza, sean estos especiales, indirectos, emergentes o compensatorios que surjan directa o indirectamente de la publicación, el uso o la confianza en esta norma. La AWS tampoco ofrece garantía alguna sobre la exactitud o exhaustividad de la información publicada en este documento.

Al publicar y poner a disposición esta norma, la AWS no se compromete a prestar servicios profesionales ni de otro tipo para ninguna persona o entidad, ni en su nombre. La AWS tampoco se compromete a desempeñar ninguna tarea que ninguna persona o entidad pueda adeudar a terceros. Cualquier persona que utilice estos documentos debería confiar en su propio juicio independiente o, según corresponda, solicitar el asesoramiento de un profesional competente para determinar el ejercicio del cuidado razonable en cualquier circunstancia dada.

Esta norma puede reemplazarse por la publicación de nuevas ediciones. Los usuarios deberían asegurarse de tener la edición más reciente.

La publicación de esta norma no autoriza la violación de ninguna patente. La AWS se exime de responsabilidad por la violación de patentes que surja de la utilización de esta norma.

Por último, la AWS no controla, supervisa ni exige el cumplimiento de esta norma ni está facultada para hacerlo.

Ocasionalmente, el texto, las tablas o las cifras pueden haberse impreso incorrectamente (errata). Cuando se descubren, dichas erratas se muestran en la página web de la American Welding Society (www.aws.org) bajo "Technical" en la columna "Departments".

Las interpretaciones oficiales de cualquiera de los requisitos técnicos de esta norma se podrán obtener mediante una solicitud, por escrito, a Managing Director Technical Services, American Welding Society, 8669 Doral Blvd, Doral, FL 33166 (véase el Apéndice G). Con respecto a las consultas técnicas formuladas sobre las normas de la AWS, se puede proporcionar opiniones verbales. No obstante, tales opiniones representan únicamente la opinión personal de las personas que las proporcionan. Estas personas no hablan en nombre de la AWS, como así tampoco estas opiniones verbales constituyen opiniones ni interpretaciones oficiales ni extraoficiales de la AWS. Además, las opiniones verbales son informales y no se deberían utilizar como sustituto de una interpretación oficial.

Esta norma está sujeta a revisión en cualquier momento por parte del Comité A1 de Sistema métrico de la AWS. Se deberá revisar cada cinco años y, caso contrario, se deberá ratificar o retirar. Se agradecerá cualquier comentario (recomendaciones, adiciones o supresiones) así como cualquier otra información pertinente que pueda ser útil para mejorar esta norma; dichos comentarios deben enviarse a la sede de la AWS. Tales comentarios recibirán atenta consideración por parte del Comité A1 de Sistema métrico de la AWS; el autor de los comentarios recibirá información acerca de la respuesta del Comité a dichos comentarios. Se invita a asistir a las reuniones del Comité A1 de Sistema Métrico de la AWS para expresar verbalmente sus comentarios. Los procedimientos para la apelación de una decisión adversa relativa a dichos comentarios figuran en las Reglas de funcionamiento del Comité de actividades técnicas. Se puede obtener una copia de estas Reglas en la American Welding Society, 8669 Doral Blvd, Doral, FL 33166.

Derechos de fotocopiado

La American Welding Society concede la autorización para fotocopiar artículos para el uso exclusivo interno, personal o educativo o el uso exclusivo interno, personal o educativo de determinados clientes, siempre que se abone la tarifa correspondiente al Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, tel: (978) 750-8400; sitio

Personal

Comité A1 de Sistema métrico de la AWS

<i>R. D. Thomas, Jr., Presidente</i>	R. D. Thomas and Co.
<i>J. L. Gayler, Secretario</i>	American Welding Society
<i>B. B. Barrow</i>	Consultor
<i>J. Caprarola</i>	Consultor
<i>*J. R. Frysinger</i>	Universidad de Charleston
<i>E. A. Mechtly</i>	Universidad de Illinois
<i>S. Saha</i>	Departamento de Transporte del Estado de New York
<i>G. D. Uttrachi</i>	ESAB Welding and Cutting

*Asesor

Prefacio

Este prefacio no forma parte de la AWS A1.1:2001, *Guía práctica sobre el sistema métrico para la industria de la soldadura*, se incluye únicamente con fines informativos.

La presente Política de conversión al sistema métrico de la AWS dice, en parte, que “la AWS apoya una transición oportuna al uso de las unidades del SI. La AWS reconoce que el sistema de unidades de pulgadas y libras será reemplazado tarde o temprano por las unidades del SI. Demorar la transición a las unidades del SI y prolongar innecesariamente el período de transición resulta en costos y confusión mayores y aumenta la pérdida de compatibilidad con el mercado internacional.”

Actualmente, Estados Unidos es el único país industrializado que todavía utiliza mayoritariamente las unidades de medición de pulgadas y libras. Desde la firma de la Ley Métrica de 1975 por el presidente Ford y en un frenesí inicial de transición, el atributo de voluntario de la ley permitió que el ímpetu se estancara. Actualmente, estamos en divergencia no sólo con otros países industrializados, sino también, en muchos casos, entre nosotros mismos.

Muchas compañías grandes —incluyendo General Motors Corporation, Ford Motor Company, DaimlerChrysler Corporation y aproximadamente el 70 % de las empresas Fortune 500— han realizado el cambio en algún aspecto de sus empresas. Pero las empresas más pequeñas, típicamente aquellas con menores interacciones internacionales, han sido más lentas en el cambio.

Más recientemente, la Omnibus Trade and Competitiveness Act (Ley General de Comercio y Competitividad), que fue firmada por el presidente Reagan en agosto de 1988, designó la versión SI del sistema métrico de unidades como la preferida para el comercio de EE. UU. Específicamente, esta ley exige que cada Agencia Federal utilice el sistema métrico en sus compras, concesiones y otras actividades comerciales.

En 1973, se conformó un Subcomité de sistema métrico bajo el nombre de AWS Committee on Definitions, Symbols, and Metric Practice (Comité de definiciones, símbolos y sistema métrico de la AWS) para proporcionar una guía a la industria de la soldadura sobre el uso y conversión a las unidades del SI. El interés permanente en el sistema métrico dentro de la AWS resultó en la reorganización del anterior Subcomité de sistema métrico en el presente Comité A1 de sistema métrico de la AWS. Ya que no se tenía disponible un documento completo relacionado específicamente con la nomenclatura en la soldadura, la primera tarea del subcomité fue preparar una guía acerca del sistema métrico. La primera edición se publicó en 1975. Los lectores y usuarios sugirieron mejoras que resultaron en modificaciones en 1980, 1989 y 1998. La presente edición en español corresponde a la 5.ª edición en inglés y refleja el estado actual del sistema métrico para la industria de la soldadura de EE. UU. y la ayudará a migrar hacia las unidades del SI y promoverá su uso voluntario.

Se agradecerá todo comentario y sugerencia para la mejora de esta norma. Deben enviarse al Secretario del Comité A1 de Sistema métrico de la AWS, American Welding Society, 8669 Doral Blvd, Doral, FL 33166.

Las interpretaciones oficiales de cualquiera de los requisitos técnicos de esta norma se podrán obtener mediante una solicitud, por escrito, al Managing Director, Technical Services Division, American Welding Society (ver Apéndice G). Se enviará una respuesta formal después que ésta haya sido analizada por el personal respectivo siguiendo los procedimientos establecidos.

Índice

Página N.º

Descargo de responsabilidad	ii
Declaración sobre el uso de las normas de la American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura).....	iii
Personal	iv
Prefacio	v
Lista de tablas	ix
1. Alcance	1
2. El Sistema Internacional de unidades (SI).....	1
2.1 Totalidad	1
2.2 Coherencia	1
2.3 Unicidad.....	1
2.4 Ventajas del SI	1
3. Unidades del SI y sus símbolos	2
3.1 Unidades básicas del SI	2
3.2 Unidades derivadas del SI	2
3.3 Prefijos	2
4. Otras unidades que se utilizan con el SI	2
5. Unidades relacionadas con la soldadura	2
6. Estilo y uso.....	5
6.1 Aplicación y uso de prefijos	5
6.2 Masa, fuerza y peso	6
6.3 Temperatura	6
6.4 Tiempo.....	6
6.5 Ángulos	6
6.6 Esfuerzo y presión.....	6
6.7 Uso de mayúsculas	6
6.8 Plurales	7
6.9 Puntuación	7
6.10 Escritura de números	7
6.11 Estilos varios	7
7. Conversiones.....	8
7.1 Reglas de conversión y redondeo	8
7.2 Conversión de pulgada a milímetro	11
7.3 Otras conversiones	12
7.4 Reglas de redondeo	13
8. Transición	13
8.1 Introducción	13
8.2 Consideraciones	14
9. Números preferidos.....	15
9.1 Definición.....	15
9.2 Aplicación de los números preferidos	15
9.3 Ventaja de utilizar números preferidos	16

<i>Apéndice A- Conversión de pulgadas a milímetros</i>	<i>19</i>
<i>Apéndice B- Conversión de libra-fuerza por pulgada cuadrada a kilopascales</i>	<i>21</i>
<i>Apéndice C- Conversión de temperatura Fahrenheit-Celsius</i>	<i>23</i>
<i>Apéndice D- Otros documentos.....</i>	<i>27</i>
<i>Apéndice E- Otras instituciones.....</i>	<i>29</i>
<i>Apéndice F- Unidades para la segunda ley de Newton</i>	<i>31</i>
<i>Apéndice G- Guía para la elaboración de consultas técnicas para los comités técnicos de la AWS.....</i>	<i>33</i>

Lista de tablas

Tabla		Página N.º
1	Unidades básicas del SI	2
2	Ejemplos de unidades derivadas del SI	3
3	Prefijos del SI	4
4	Otras unidades que pueden utilizarse con las unidades del SI.....	4
5	Unidades relacionadas con la soldadura	5
6	Tamaños del metal de aporte	6
7	Tamaños de filete.....	6
8	Conversiones generales	9
9	Conversiones para términos de soldadura comunes	10
10	Redondeo de valor en milímetros utilizando el intervalo de tolerancia en pulgadas	11
11	Comparación de los métodos A y B de redondeo.....	11
12	Números básicos preferidos—Series decimales.....	17

Guía acerca del sistema métrico para la industria de la soldadura

1. Alcance

Esta guía acerca del sistema métrico se basa en el Sistema Internacional (SI) de Unidades según se define en la notificación del *Registro Federal de EE. UU.* del 28 de julio de 1998, “Sistema métrico de medición: interpretación del sistema internacional de unidades para los Estados Unidos.” (En el Apéndice D se mencionan otros documentos fuente y guías de estilo.) Esta guía contiene especificaciones de las unidades básicas, unidades derivadas, prefijos y reglas del SI para su uso en los documentos de la AWS y para su uso por la industria de la soldadura. Además contiene factores y reglas para convertir las unidades de pulgadas y libras (frecuentemente mencionadas como unidades acostumbradas de EE. UU.) a unidades del SI y recomendaciones para que la industria maneje la transición.

2. El Sistema Internacional de unidades (SI)

Un sistema de unidades es cualquier conjunto de unidades relacionadas. El SI es el único sistema que tiene las propiedades descritas en 2.1–2.3.

2.1 Totalidad. La totalidad exige definir una unidad de medición para cada cantidad de interés en las ciencias físicas y las tecnologías.

2.2 Coherencia. La coherencia exige que todas las unidades derivadas del sistema se obtengan a partir de las unidades básicas mediante las reglas de multiplicación y división sin factor numérico diferente al número uno (1) que siempre aparecen en las expresiones para las unidades derivadas en términos de las unidades básicas. El sistema de unidades también debe ser coherente con su sistema correspondiente de cantidades y ecuaciones. Un sistema de unidades es coherente con respecto a un sistema de cantidades y ecuaciones si el sistema de unidades se elige de tal modo que las ecuaciones entre los valores numéricos tengan exactamente la misma

Cantidad	Unidad derivada	Ecuación de unidades
Fuerza (masa por aceleración) $F' = m \cdot a$	newton	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
Energía (fuerza por distancia) $E = F' \cdot l$	julio	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
Potencia (tasa de transferencia de energía) $P = E/t$	vatio	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
Presión (fuerza dividida por área) $p = F/A$	pascal	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

forma (incluyendo los factores numéricos) que las ecuaciones correspondientes entre las cantidades.

2.3 Unicidad. La unicidad (característica de ser único) exige que haya una, y sólo una, unidad definida para cada cantidad. Por ejemplo, las unidades del SI para la fuerza (newton), energía (julio) y potencia (vatio) son iguales, respectivamente, sin importar si el proceso es mecánico, eléctrico o térmico.

2.4 Ventajas del SI. El Sistema Internacional de unidades (SI) es el sistema métrico de unidades en su forma más reciente. El SI es el único sistema de unidades que satisface completamente los tres anteriores requisitos de totalidad, coherencia y unicidad. Dentro del SI, se define un conjunto de prefijos en base de 10 para formar múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI. Las unidades del SI y sus múltiplos y submúltiplos en base de 10 están en armonía con nuestro sistema decimal de aritmética, haciendo posible cálculos numéricos fáciles. Las manipulaciones complicadas de las fracciones comunes tales como 1/16, 1/32 y 1/64 son completamente innecesarias. Todos los países industrializados, incluyendo los Estados Unidos, mediante la Omnibus Trade and Competitiveness Act de 1988 (Ley General de Comercio y Competitividad) (ley pública 100-418), han elegido el SI como el sistema de unidades preferido para todas las aplicaciones en la ciencia, la ingeniería, la tecnología y el comercio.

3. Unidades del SI y sus símbolos

El SI consta de siete unidades básicas, unidades derivadas y un conjunto de prefijos para la formación de múltiplos de diferentes unidades.

3.1 Unidades básicas del SI. En la Tabla 1, se suministran los nombres de las cantidades básicas del SI, los nombres de las correspondientes unidades básicas del SI, sus símbolos y definiciones.

3.2 Unidades derivadas del SI. Las unidades derivadas del SI se forman según se describió en 2.2. Algunas de ellas han recibido nombres y símbolos especiales. Los ejemplos se enumeran en la Tabla 2.

3.3 Prefijos. Los prefijos del SI pueden utilizarse para indicar múltiplos de las unidades del SI, simplificando así los términos numéricos y proporcionando un sustituto conveniente para escribir potencias de 10 tal como se prefiere generalmente en el cálculo matemático. Por ejemplo, 16 800 metros o $16,8 \times 10^3$ metros se convierte en 16,8 kilómetros. En la Tabla 3 vea la lista de prefijos y en 6.1 vea los ejemplos de su uso. El kilogramo es la única unidad básica o unidad derivada del SI cuyo nombre, por motivos históricos, contiene un prefijo. En este caso, el prefijo apropiado se adjunta a gramo.

4. Otras unidades que se utilizan con el SI

Hay ciertas unidades que son de uso generalizado y son aceptables para usarse con el SI, aunque no forman parte de él. Vea ejemplos en la Tabla 4.

5. Unidades relacionadas con la soldadura

La Tabla 5 enumera los múltiplos del SI que se recomienda utilizar en la nomenclatura de la soldadura. La selección de estos términos se basó en el uso de (1) unidades del SI donde son factibles, (2) números de tamaño razonable y (3) unidades aceptadas actualmente en uso.

Los tamaños del metal de aporte y los tamaños de filetes se tabulan en las Tablas 6 y 7. Los valores del SI son equivalentes aproximados para la conversión en planos, especificaciones, etc. Estos valores sólo son para conversión y no están pensados para diseños nuevos donde pueden utilizarse series más racionales para las dimensiones, tales como las mostradas en la columna Series Racionales de la Tabla 7.

Tabla 1
Unidades básicas del SI

Cantidad básica	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad	Definición
longitud	metro	m	El metro es la longitud del camino recorrido por la luz en un vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de un segundo.
masa	kilogramo	kg	Es la masa igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo.
tiempo	segundo	s	La duración igual a $9\,192\,631\,770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.
corriente eléctrica	amperio	A	Aquella corriente constante que, si se mantiene en dos conductores rectos paralelos de longitud infinita, de sección transversal circular despreciable y colocados a 1 metro de separación en vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.
temperatura termodinámica	kelvin	K	La temperatura termodinámica que es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
intensidad luminosa	candela	cd	La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y que tiene una intensidad radiante en esa dirección de $1/683$ watts por estereorradián.
cantidad de sustancia	mol	mol	La cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas partículas elementales como átomos hay en $0,012$ kilogramos de carbono 12. Nota: cuando se utiliza el mol, debe especificarse las partículas elementales que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o grupos específicos de dichas partículas.

Tabla 2
Ejemplos de unidades derivadas del SI

Cantidad derivada	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad	Expresión en términos de otras unidades del SI	Expresión en términos de unidades básicas del SI
aceleración	metro por segundo al cuadrado			$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
concentración de cantidad de sustancia (concentración)	mole por metro cúbico			$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$
aceleración angular	radián por segundo al cuadrado		rad/s^2	$\text{m}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$
velocidad angular	radián por segundo		rad/s	$\text{m}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$
área	metro cuadrado			m^2
capacitancia	faradio	F	C/V	$\text{m}^{-2}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^4\cdot\text{A}^2$
temperatura en Celsius	grado Celsius	°C		K
densidad de corriente	amperio por metro cuadrado			$\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$
viscosidad dinámica	pascal segundo		Pa·s	$\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
densidad de carga eléctrica	culombio por metro cúbico		C/m^3	$\text{m}^{-3}\cdot\text{s}\cdot\text{A}$
carga eléctrica, cantidad de electricidad	culombio	C		$\text{s}\cdot\text{A}$
conductancia eléctrica	siemens	S	A/V	$\text{m}^{-2}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^3\cdot\text{A}^2$
intensidad del campo eléctrico	voltio por metro		V/m	$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
densidad de flujo eléctrico	culombio por metro cuadrado		C/m^2	$\text{m}^{-2}\cdot\text{s}\cdot\text{A}$
diferencia de potencial eléctrico, fuerza electromotriz	voltio	V	W/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
resistencia eléctrica	ohmio	Ω	V/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$
densidad de energía	julio por metro cúbico		J/m^3	$\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
energía, trabajo, cantidad de calor	julio	J	N·m	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
exposición (rayos X y γ)	culombio por kilogramo		C/kg	$\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}\cdot\text{A}$
fuerza	newton	N		$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
frecuencia	hercio	Hz		s^{-1}
capacidad calorífica, entropía	julio por kelvin		J/K	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
densidad del flujo de calor, irradiación	vatio por metro cuadrado		W/m^2	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}$
iluminancia	lux	lx	lm/m^2	$\text{m}^2\cdot\text{m}^{-4}\cdot\text{cd} = \text{m}^{-2}\cdot\text{cd}$
inductancia	henrio	H	Wb/A	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$
luminancia	candela por metro cuadrado			$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$
flujo luminoso	lumen	lm	$\text{cd}\cdot\text{sr}$	$\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{cd} = \text{cd}$
intensidad del campo magnético	amperio por metro			$\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$
flujo magnético	weber	Wb	V·s	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
densidad del flujo magnético	tesla	T	Wb/m^2	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
densidad de masa (densidad)	kilogramo por metro cúbico			$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

(continuación)

Tabla 2 (continuación)

Cantidad derivada	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad	Expresión en términos de otras unidades del SI	Expresión en términos de unidades básicas del SI
fracción de masa	kilogramo por kilogramo, que puede representarse mediante el número 1			$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} = 1$
energía molar	julio por mol		J/mol	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$
entropía molar, capacidad calorífica molar	julio por mol kelvin		J/(mol·K)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
momento de fuerza	newton metro		N·m	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
permeabilidad	henrio por metro		H/m	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$
permitividad	faradio por metro		F/m	$\text{m}^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$
ángulo plano	radián	rad		$\text{m} \cdot \text{m}^{-1} = 1$
potencia, flujo de radiación	vatio	W	J/s	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
presión, esfuerzo	pascal	Pa	N/m ²	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
ángulo sólido	estereorradián	sr		$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2} = 1$
energía específica	julio por kilogramo		J/kg	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
capacidad calorífica específica, entropía específica	julio por kilogramo kelvin		J/(kg·K)	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
volumen específico	metro cúbico por kilogramo			$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
velocidad	metro por segundo			$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
tensión superficial	newton por metro		N/m	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
conductividad térmica	vatio por metro kelvin		W/(m·K)	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
volumen	metro cúbico			m^3
número de onda	metro recíproco			m^{-1}

**Tabla 3
Prefijos del SI**

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deca	da	10^{-24}	yocto	y

**Tabla 4
Otras unidades que pueden utilizarse
con las unidades del SI**

Unidades	Símbolo	Valor
minuto	min	1 min = 60 s
hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
día	d	1 d = 24 h = 1440 min = 86 400 s
grado (angular)	°	1° = ($\pi/180$) rad = 0,0175 rad
litro	L	1 L = 0,001 m ³ = 1 dm ³
tonelada métrica	t	1 t = 1000 kg

Tabla 5
Unidades relacionadas con la soldadura

Cantidad	Unidades o múltiplos del SI	Símbolo
dimensiones de área	milímetro cuadrado	mm ²
densidad de corriente	amperio por milímetros cuadrado	A/mm ²
tasa de deposición	kilogramo por hora	kg/h
resistividad eléctrica	ohmio metro	Ω·m
fuerza del electrodo	newton	N
tasa de flujo (gas y líquido)	litro por minuto	L/min
tenacidad a la fractura	meganewton metro ^{-3/2}	MN·m ^{-3/2}
absorción de energía de impacto	julio	J = N·m
dimensiones lineales	milímetro	mm
momento de fuerza (par de torsión)	newton metro	N·m
densidad de potencia	vatio por metro cuadrado	W/m ²
presión (gas y líquido)	kilopascal	kPa = 1000 N/m ²
presión (vacío)	pascal	Pa = N/m ²
resistencia a la tracción	megapascal	MPa = 1 000 000 N/m ²
conductividad térmica	vatio por metro kelvin	W/(m·K)
velocidad de desplazamiento	milímetro por segundo	mm/s
dimensiones de volumen	milímetro cúbico	mm ³
velocidad de alimentación del alambre	milímetro por segundo	mm/s

6. Estilo y uso

6.1 Aplicación y uso de prefijos

6.1.1 Los prefijos pueden utilizarse con las unidades del SI para indicar múltiplos. Los prefijos proporcionan sustitutos convenientes para utilizar potencias de 10 y eliminan los dígitos no significativos.

<u>Preferido</u>	<u>Aceptable</u>
12,3 km	12 300 m, 12,3 × 10 ³ m

6.1.2 Se recomiendan los prefijos en incrementos de 1000. Generalmente, es deseable evitar los prefijos hecto, deca, deci y centi en textos técnicos para la industria de la soldadura.

<u>Preferido</u>	<u>No preferido</u>
mm, m, km	hm, dam, dm, cm

6.1.3 Generalmente, es deseable que el prefijo elegido coloque el valor numérico entre 0,1 y 1000. Sin embargo, para situaciones especiales, tal como presentaciones en forma de tabla, esta recomendación puede ser inapropiada.

6.1.4 No se debe usar prefijos múltiples y prefijos unidos mediante guión (-).

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
pF, Gg, GW	μμF, Mkg, kW, G-W

6.1.5 Generalmente, es deseable utilizar sólo las unidades básicas y derivadas en el denominador. Los prefijos se utilizan con la unidad del numerador para suministrar números de tamaño apropiado (véase 6.1.3).

<u>Preferido</u>	<u>No preferido</u>
200 J/kg 1 Mg/m 1 MPa, 1 MN/m ²	0,2 J/g 1 kg/mm 1 N/mm ²

6.1.6 Los prefijos no deben mezclarse a menos que las magnitudes garanticen una distinción.

<u>Preferido</u>	<u>No preferido</u>
5 mm de largo × 10 mm de alto	5 mm de largo × 0,01 m de alto
<u>Excepción</u> 4 mm de diámetro × 50 m de largo	

Tabla 6
Tamaños del metal de aporte

Fraccional pulg.	Equivalentes decimales, pulg. ⁽¹⁾	ISO 544 ⁽²⁾ mm
	0.020	0,5
	0.024	0,6
	0.025	
	0.030	
	0.031	0,8
	0.035	0,9
	0.039	1,0
	0.045	
3/64	0.047	1,2
	0.052	1,3
	0.055	1,4
	0.060	
1/16	0.062	1,6
	0.068	1,7
	0.071	1,8
5/64	0.078	2,0
3/32	0.094	2,4
	0.098	2,5
	0.110	2,8
	0.118	3,0
	0.120	
1/8	0.125	3,2
5/32	0.156	4,0
3/16	0.188	4,8
	0.197	5,0
7/32	0.219	5,6
	0.236	6,0
1/4	0.250	6,4
5/16	0.313	8,0

Notas:

- (1) Los valores sombreados normalmente no se utilizan en las especificaciones de la AWS.
- (2) La International Organization for Standardization (ISO) (Organización Internacional de Normalización), próximamente, *Technical Delivery Conditions for Welding Filler Metals—Type of Product, Dimensions, and Marking* (Condiciones técnicas de entrega para los metales de aporte de soldadura-Tipo de producto, dimensiones y marcado). ISO 544, Ginebra: International Organization for Standardization. Los elementos en negrilla normalmente sólo en alambre desnudo. Los elementos sombreados son no estándar.

Tabla 7
Tamaños de filete

Equivalentes aproximados		Series racionales
pulg.	mm	mm
1/8	3	3
5/32	4	4
3/16	5	5
1/4	6	6
5/16	8	8
3/8	10	10
7/16	11	12
1/2	13	[Nota (1)]
5/8	16	16
3/4	19	20
1	25	25

Nota:

- (1) No se requiere valor en este intervalo para los tamaños racionales. Vea la serie 10 en la Tabla 12, y el ejemplo dado en 9.2.

6.1.7 La pronunciación de los prefijos siempre es la misma, sin importar el nombre de la unidad siguiente. Por ejemplo, la pronunciación aceptada para kilo es “QUILO”.

6.2 Masa, fuerza y peso. En el SI, la unidad de masa es el kilogramo (kg) y la unidad de fuerza es el newton (N). En el uso cotidiano, y especialmente en lenguaje común, el término *peso* se utiliza habitualmente como sinónimo de *masa*. Como una medida de masa, el *peso* debe restringirse al uso comercial. (En el Apéndice F, párrafo F4, vea una discusión de los términos *masa* y *fuerza* en relación con el término *peso*.)

Correcto	Incorrecto
N/m ² o Pa, N·m/s o W	kgf/m ²

6.3 Temperatura. La unidad del SI para la temperatura termodinámica es el kelvin. La unidad del SI para la temperatura Celsius, utilizada en la mayoría de las aplicaciones comunes, es el grado Celsius. El grado Celsius se llamaba anteriormente “grado centígrado”. No debe utilizarse el grado Fahrenheit.

6.4 Tiempo. La unidad del SI para el tiempo es el segundo. Se permite el uso de minuto, hora y día, que no son unidades del SI.

6.5 Ángulos. La unidad del SI para el ángulo plano es el radián. La unidad del SI para el ángulo sólido es el estereorradián. El grado (°) puede utilizarse cuando sea apropiado o conveniente y debe decimalizarse. Se deben evitar los minutos y segundos angulares.

Preferido	No preferido
5,1425°	5°8'33"

6.6 Esfuerzo y presión. La unidad del SI para la presión y el esfuerzo es el pascal, que es el nombre especial dado al newton por metro cuadrado. Un múltiplo del pascal, el kilopascal, es apropiado para la mayoría de las presiones encontradas en la práctica de la soldadura, y el megapascal para la mayoría de los esfuerzos. No se debe utilizar otras unidades para la presión y el esfuerzo, tal como las siguientes.

Correcto	Incorrecto
N/m ² , Pa, kPa, MPa	kgf/cm ² , psi

6.7 Uso de mayúsculas. Los nombres de las unidades del SI sólo tienen mayúscula al inicio de una frase (ejemplos: newton, pascal, metro, kelvin y hercio).

Excepción: Celsius en “grado Celsius”, siempre tiene mayúscula.

Los símbolos de las unidades del SI no tienen mayúscula excepto para aquellos derivados de un nombre propio (ejemplos: A para amperio; J para julio; K para kelvin; N para newton; Pa para pascal y W para vatio). Aunque la letra minúscula “l” y la letra mayúscula “L” son símbolos aceptados internacionalmente para el litro, para evitar el riesgo de confusión, el símbolo preferido para el uso en los Estados Unidos es “L”.

Sólo siete símbolos de prefijo tienen mayúscula, a saber, Y para yotta; Z para zetta; E para exa; P para peta; T para tera; G para giga y M para mega.

6.8 Plurales. Los símbolos de unidades son los mismos para el singular y el plural. Los nombres de unidades forman sus plurales de la manera habitual.

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
50 newtons	50 newton
50 N	50 Ns
25 gramos	25 gramo
25 g	25 gs
22 kelvins	22 kelvin
22 K	22 Ks

6.9 Puntuación. No se debe utilizar puntos después de los símbolos de las unidades excepto al final de una frase.

Los puntos no se utilizan en los símbolos de unidades ni junto a prefijos.

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
5,7 mm	5,7 m.m., 5,7 mm.

Se utiliza un punto elevado hasta una altura media para indicar el producto de dos símbolos de unidades. Se debe utilizar un espacio para indicar el producto de dos nombres de unidades.

<u>Preferido</u>	<u>No preferido</u>	<u>Incorrecto</u>
newton metro (N·m)	newton-metro (N m)	newton·metro (N-m)

Los símbolos para las unidades derivadas que involucran división pueden utilizar una barra inclinada, una línea horizontal o un exponente negativo para indicar la división.

(1) No se puede utilizar más de una barra inclinada en ninguna combinación de unidades a menos que se utilicen paréntesis para dar claridad y evitar ambigüedad.

(2) En casos complicados, el uso de exponentes negativos puede ser preferible al uso de barras inclinadas (con o sin paréntesis).

(3) Los valores numéricos deben ajustarse de modo que el valor numérico del denominador sea uno (1).

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
m/s, m·s ⁻¹ , 4 m/s m/s ² , m·kg/(s ³ ·A)	m/0,1 s, m/s/s m·kg/s ³ /A, kg/s/m ²

La palabra “por” se utiliza para indicar el cociente de dos nombres de unidades.

Ejemplo: metro por segundo al cuadrado (m/s²)

Se utiliza un exponente con los símbolos de unidades para mostrar potencias.

Ejemplo: m³

Las palabras “cuadrado,” “al cuadrado” y “cúbico” se utilizan con los nombres de unidades para indicar potencias.

Ejemplo: metro cuadrado (m²), metro cúbico (m³) y segundo al cuadrado (s²)

6.10 Escritura de números

6.10.1 Se utilizan puntos (no comas) como marcadores decimales.

6.10.2 Los números formados por cinco o más dígitos deben escribirse con un espacio que separa cada grupo de tres dígitos contando hacia la izquierda y derecha del punto decimal. Con números de cuatro dígitos, el espacio es opcional.

6.10.3 Se debe utilizar espacios (no comas) entre los grupos de tres dígitos.

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
1 420 462,1 0,045 62 1452 o 1 452	1.420.462,1 0,04562 1.452

6.11 Estilos varios

6.11.1 Se debe utilizar un espacio entre el valor numérico y el símbolo de la unidad.

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
4 mm	4mm

6.11.2 Nunca se debe utilizar juntos los nombres y símbolos de unidades en una expresión individual:

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
metro por segundo (m/s)	metro/s

6.11.3 Los números se expresan como decimales, no como fracciones. El decimal debe estar precedido por un cero cuando el número es inferior a la unidad.

<u>Correcto</u>	<u>Incorrecto</u>
0,5 kg, 1,75 m	1/2 kg, 0,5 kg., 1 3/4 m

6.11.4 Los símbolos para las unidades del SI se imprimen en letra romana (vertical). Los símbolos de cantidades si imprimen preferiblemente en letra cursiva (inclinada).

<u>Correcto</u>	<u>No preferido</u>	<u>Incorrecto</u>
$V = 87 \text{ V}$	$V = 87 \text{ V}$	$V = 87 \text{ V}$
$I = 14 \text{ A}$	$I = 14 \text{ A}$	$I = 14 \text{ A}$
$T = 200^\circ\text{C}$	$T = 200^\circ\text{C}$	$T = 200^\circ\text{C}$

6.11.5 Hay dos excepciones para el uso de los caracteres alfabéticos latinos para los símbolos del SI: el símbolo “ μ ” para el prefijo micro y el símbolos “ Ω ” para la unidad ohmio. Si las circunstancias impiden el uso de estas letras griegas, utilice la u como el símbolo para micro y Ohmio como el símbolo para ohmio. No dibuje a mano una cola sobre la u; déjela tal como está escrita. Utilice una O mayúscula en Ohmio cuando se utilice como símbolo pero no cuando se utilice como palabra, ya que ésta recibió su nombre en honor a una persona.

<u>Aceptable</u>	<u>Incorrecto</u>
4 μm	4 micrones
25 Ohmio	25 Ohmios
25 ohmios	25 Ohmios
17 Ohmio/m	17 ohmio/m,
17 ohmios por metro	17 Ohmio/metro
	17 Ohmio por metro

6.11.6 Cuando sea necesario o deseable utilizar las unidades de libra y pulgada en una ecuación o tabla, las unidades del SI deben replantearse en una ecuación separada, tabla o una columna en una tabla. Como alternativa, se puede agregar una nota a una ecuación o tabla para suministrar los factores que se utilizarán al convertir el resultado calculado en libras y pulgadas a las unidades del SI preferidas. Los equivalentes del SI pueden ir después e insertarse entre paréntesis o corchetes.

7. Conversiones

Al convertir unidades de pulgadas y libras a las unidades del SI, una manera es aplicar los factores de conversión de las Tablas 8 o 9 y hacer uso de las reglas de redondeo explicadas en las siguientes secciones. Otra manera es aplicar los valores del SI preferidos, frecuentemente aquellos que prevalecen en los países cuyas medidas han estado durante mucho tiempo en unidades métricas, o aparecen en normas internacionales (vea la Tabla 6). La aplicación de los valores del SI frecuentemente es guiada por el uso de los números preferidos para facilitar la normalización (vea la Sección 9). En el primer caso, las conversiones estrictamente matemáticas se definen como conversiones “simples”. La aplicación de los valores del SI preferidos para conversión se ha definido como conversiones “forzadas.” Estos términos han sido engañosos y están perdiendo popularidad gradualmente cuando se habla acerca de los métodos de conversión.

Cuando se suministran unidades del SI que corresponden con unidades de pulgadas y libras en los documentos de la AWS y publicaciones técnicas de otras sociedades, los valores del SI generalmente se muestran entre corchetes después de las unidades de pulgadas y libras, por ejemplo 70 ksi [480 MPa]. Para la llamada conversión “simple”, la práctica para mostrar los valores del SI “exactos” es entre paréntesis, tal como 70 ksi (483 MPa). Observe que las conversiones llamadas “forzadas” no son exactas, y debe utilizarse el criterio especialmente cuando las piezas o componentes deben encajar, tal como los metales de aporte que requieren contacto estrecho al ser alimentados a través de toberas. La solución a la inexactitud de la conversión puede acomodarse estableciendo rangos de tolerancia que coincidan parcialmente, permitiendo que los fabricantes ofrezcan productos estándar que estén dimensionados para acomodarse al uso del SI y al uso de pulgadas y libras de Estados Unidos.

7.1 Reglas de conversión y redondeo. La conversión y redondeo solo son necesarios durante el período de transición. En la práctica de la fabricación, esto ocurre más frecuentemente cuando el diseño se realiza en unidades del SI y la fabricación se debe realizar en unidades convencionales. La necesidad de conversión y redondeo desaparece cuando todos los pasos pueden realizarse en un (1) sistema.

La conversión exacta de un sistema a otro usualmente resulta en números que son inconvenientes para el uso. Además, la precisión deseada se exagera cuando la conversión resulta en más lugares decimales que los necesarios.

Tabla 8
Conversiones generales

Cantidad	Para convertir de	a	multiplique por
aceleración (angular)	revoluciones por minuto al cuadrado	rad/s ²	$1,745\,329 \times 10^{-3}$
aceleración (lineal)	pulg./min ²	m/s ²	$7,055\,556 \times 10^{-6}$
	pie/min ²	m/s ²	$8,466\,667 \times 10^{-5}$
	pulg./min ²	mm/s ²	$7,055\,556 \times 10^{-3}$
	pie/s ²	m/s ²	$3,048\,000 \times 10^{-1}$
ángulo, plano	grado	rad	$1,745\,329 \times 10^{-2}$
	minuto	rad	$2,908\,882 \times 10^{-4}$
	segundo	rad	$4,848\,137 \times 10^{-6}$
área	pulg. ²	m ²	$6,451\,600 \times 10^{-4}$
	pie ²	m ²	$9,290\,304 \times 10^{-2}$
	yd ²	m ²	$8,361\,274 \times 10^{-1}$
	pulg. ²	mm ²	$6,451\,600 \times 10^2$
	pie ²	mm ²	$9,290\,304 \times 10^4$
	acre (de agrimensura en EE. UU.)	m ²	$4,046\,873 \times 10^3$
densidad	libra por pulgada cúbica	kg/m ³	$2,767\,990 \times 10^4$
	libra por pie cúbico	kg/m ³	$1,601\,846 \times 10$
energía, trabajo, calor y energía de impacto	libra-fuerza pie	J	1,355 818
	poundal pie	J	$4,214\,011 \times 10^{-2}$
	Btu*	J	$1,055\,056 \times 10^3$
	caloría*	J	4,186 800
	vatio hora	J	$3,600\,000 \times 10^3$
fuerza	kilogramo-fuerza	N	9,806 650
	libra-fuerza	N	4,448 222
resistencia al impacto	(ver energía)		
longitud	pulg.	m	$2,540\,000 \times 10^{-2}$
	pie	m	$3,048\,000 \times 10^{-1}$
	yd	m	$9,144\,000 \times 10^{-1}$
	milla (estatutaria)	m	$1,609\,344 \times 10^3$
masa	libra (avdp)	kg	$4,535\,924 \times 10^{-1}$
	tonelada métrica	kg	$1,000\,000 \times 10^3$
	ton (corta, 2000 lb)	kg	$9,071\,847 \times 10^2$
	slug	kg	$1,459\,390 \times 10$
potencia	caballo de fuerza (550 lbf-pie/s)	W	$7,456\,999 \times 10^2$
	caballo de fuerza (eléctrico)	W	$7,460\,000 \times 10^2$
	Btu/h*	W	$2,930\,711 \times 10^{-1}$
	caloría por minuto*	W	$6,976\,333 \times 10^{-2}$
	libra-fuerza pie por minuto	W	$2,259\,697 \times 10^{-2}$
presión	psi	kPa	6,894 757
	bar	kPa	$1,000\,000 \times 10^2$
	atmósfera	kPa	$1,013\,250 \times 10^2$
	kip/pulg. ²	kPa	$6,894\,757 \times 10^3$
temperatura	grado Celsius	K	$T_K = t_C + 273,15$
	grado Fahrenheit	K	$T_K = (t_F + 459,67)/1,8$
	grado Rankine	K	$T_K = T_R/1,8$
	grado Fahrenheit	°C	$t_C = (t_F - 32)/1,8$
	kelvin	°C	$t_C = T_K - 273,15$
intervalo de temperatura	grado Fahrenheit	K	0,555 555 6
	grado Rankine	K	0,555 555 6
	grado Fahrenheit	°C	0,555 555 6
resistencia a la tracción (esfuerzo)	ksi	MPa	6,894 757

Tabla 8
Conversiones generales

Cantidad	Para convertir de	a	multiplique por
par de torsión	libra-fuerza pulgada	N·m	$1,129\,848 \times 10^{-1}$
	libra-fuerza pie	N·m	1,355 818
velocidad (angular)	revoluciones por minuto	rad/s	$1,047\,198 \times 10^{-1}$
	grados por minuto	rad/s	$2,908\,882 \times 10^{-4}$
	revoluciones por minuto	grados/min	$3,600\,000 \times 10^2$
velocidad (lineal)	pulg./min	m/s	$4,233\,333 \times 10^{-4}$
	pie/min	m/s	$5,080\,000 \times 10^{-3}$
	pulg./min	mm/s	$4,233\,333 \times 10^{-1}$
	pie/min	mm/s	5,080 000
	mi/h	km/h	1,609 344
volumen	pulg. ³	m ³	$1,638\,706 \times 10^{-5}$
	pie ³	m ³	$2,831\,685 \times 10^{-2}$
	yd ³	m ³	$7,645\,549 \times 10^{-1}$
	pulg. ³	mm ³	$1,638\,706 \times 10^4$
	pie ³	mm ³	$2,831\,685 \times 10^7$
	pulg. ³	L	$1,683\,706 \times 10^{-2}$
	pie ³	L	$2,831\,685 \times 10$
	galón (EE. UU.)	L	3,785 412

*Termodinámica

Tabla 9
Conversiones para términos de soldadura comunes

Cantidad	Para convertir de	a	multiplicar por
dimensiones de área	pulg. ²	mm ²	$6,451\,600 \times 10^2$
densidad de corriente	A/pulg. ²	A/mm ²	$1,550\,003 \times 10^{-3}$
tasa de deposición	lb/h	kg/h	$4,535\,924 \times 10^{-1}$
resistividad eléctrica	□·cm	□·m	$1,000\,000 \times 10^{-2}$
caudal	pie ³ /h	L/min	$4,719\,474 \times 10^{-1}$
	galón por hora	L/min	$6,309\,020 \times 10^{-2}$
	galón por minuto	L/min	3,785 412
tenacidad a la fractura	ksi·pulg. ^{1/2}	MN·m ^{-3/2}	1,098 843
	ksi·pulg. ^{1/2}	MPa·m ^{1/2}	1,098 843
entrada de calor	J/pulg.	J/m	$3,937\,008 \times 10$
absorción de energía de impacto	libra-fuerza pie	J	1,355 818
medidas lineales	pulg.	mm	$2,540\,000 \times 10$
	pie	mm	$3,048\,000 \times 10^2$
densidad de potencia	W/pulg. ²	W/m ²	$1,550\,003 \times 10^3$
presión (gas y líquido)	psi	kPa	6,894 757
	lbf/pie ²	kPa	$4,788\,026 \times 10^{-2}$
	N/mm ²	kPa	$1,000\,000 \times 10^3$
presión (vacío)	torr (mm Hg a 0°C)	Pa	$1,333\,224 \times 10^2$
	micrón (□m Hg a 0°C)	Pa	$1,333\,224 \times 10^{-1}$
resistencia a la tracción	psi	MPa	$6,894\,757 \times 10^{-3}$
	lbf/pie ²	MPa	$4,788\,026 \times 10^{-5}$
	N/mm ²	MPa	1,000 000
conductividad térmica	cal/(cm·s·°C)	W/(m·K)	$4,184\,000 \times 10^2$
velocidad de desplazamiento, velocidad de alimentación del alambre	pulg./min	mm/s	$4,233\,333 \times 10^{-1}$

El grado de exactitud del número convertido se basa en la precisión deseada o necesaria del producto. El diseñador o el usuario deben determinar la precisión. Entonces se pueden aplicar las pautas dadas aquí para lograr equivalentes numéricos apropiados.

7.2 Conversión de pulgada a milímetro. La conversión exacta de pulgadas a milímetros frecuentemente resulta en números decimales innecesariamente largos. Mostrar

Tabla 10
Redondeo de valor en milímetros
utilizando el intervalo de tolerancia en
pulgadas

Intervalo de tolerancia en pulgadas		Redondee el valor en milímetros a estos lugares decimales	
Al menos	Menor de		
0,000 04	0,0004	4 lugares decimales	0,00XX
0,0004	0,004	3 lugares decimales	0,0XX
0,004	0,04	2 lugares decimales	0,XX
0,04	0,4	1 lugar decimal	X,X

más lugares decimales que los necesarios lleva a malentendidos, utiliza espacio valioso y aumenta la posibilidad de error. Los números deben redondearse para eliminar lugares decimales innecesarios, pero manteniendo la precisión requerida. El redondeo de dimensiones en milímetros equivalentes debe manejarse según se describe aquí.

7.2.1 Dimensiones nominales. La indicación práctica más aproximada de los valores en pulgadas y milímetros equivalentes ocurre cuando el valor en milímetros se muestra con un lugar decimal menos que su equivalente en pulgadas. Por ejemplo, 0,365 pulg. equivale a 9,27 mm. Sin embargo, las conversiones de fracciones de pulgada pueden exagerar la precisión deseada. Por ejemplo, la regla podría no ser aplicable al convertir 1-7/8 pulg. en 47,63 mm a menos que se pretenda que la precisión de 1-7/8 pulg. sea de 1,875 pulgadas. Algunas dimensiones deben convertirse de manera más precisa para garantizar la intercambiabilidad de piezas. Los métodos descritos en 7.3 lograrán este requisito.

7.2.2 Tolerancias. Se debe utilizar el siguiente criterio de redondeo cuando es necesario garantizar la intercambiabilidad física y funcional de piezas fabricadas e inspeccionadas utilizando cualquier sistema de medidas, y cuando las dimensiones en pulgadas se convierten a equivalentes en milímetros y se muestran en dibujos con dimensiones equivalentes:

Tabla 11
Comparación de los métodos A y B de redondeo

Dimensión en pulgadas:	1,934 pulg.–1,966 pulg.
Intervalo de tolerancia:	0,032 pulg.
Conversión:	1,934 pulg. = 49,1236 mm (exactamente) 1,966 pulg. = 49,9364 mm (exactamente)
De la tabla 10:	0,032 está situado entre 0,004 y 0,04; por lo tanto, los valores en milímetros deben redondearse a dos lugares decimales.
Método A:	Redondear 49,1236 y 49,9364 a dos lugares decimales mediante el método mostrado en 7.2.3 produce como resultado 49,12 mm y 49,94 mm, respectivamente. El método A produce como resultado un intervalo de tolerancia de 0,82 mm.
Método B:	Redondear para quedar dentro de los límites de tolerancia en pulgadas requiere que el límite de 49,1236 mm se redondee hacia arriba, dando como resultado 49,13 mm como el límite inferior, y que el límite de 49,9364 mm se redondee hacia abajo, dando como resultado 49,93 mm como el límite superior. El método B produce como resultado un intervalo de tolerancia de 0,80 mm.

Nota general: el intervalo de tolerancia de 0,32 pulgadas es igual a 0,8128 mm. En este ejemplo, el método A aumentaría el intervalo de tolerancia en 0,0072 mm (0,88%); mientras que el método B disminuiría el intervalo de tolerancia en 0,0128 mm (1,6%).

1) *Dimensiones básicas y dimensiones máximas-mínimas.* Las dimensiones básicas son inherentemente precisas y deben convertirse de manera exacta. Cuando la función de una característica exige que los límites máximo y mínimo en milímetros estén dentro de los límites en pulgadas, los límites máximos se redondean hacia abajo y los límites mínimos se redondean hacia arriba.

(2) *Dimensiones sin tolerancia.* Las dimensiones sin tolerancia se convierten a equivalentes en milímetros exactos y se redondean con una precisión equivalente o superior, dependiendo del propósito de la dimensión.

(3) *Dimensiones con tolerancia.* La práctica normal para las dimensiones con tolerancia es utilizar el Método A según se describe en 7.2.2.2. Sin embargo, cuando la función de una característica exige que los equivalentes en milímetros deben estar dentro de los límites de tolerancia de dimensiones en pulgadas, en todos los casos, se utiliza el Método B según se describe en 7.2.2.3.

7.2.2.1 Número de lugares decimales en las tolerancias. La Tabla 10 enumera los criterios para conservar lugares decimales en los equivalentes en milímetros de las tolerancias en pulgadas. El intervalo de tolerancia en pulgadas determina el número de lugares decimales.

7.2.2.2 Método A de redondeo. Este método produce tolerancias en milímetros redondeados que no diferirán en más del 5% de las tolerancias en pulgadas. Por lo tanto, para una dimensión con una tolerancia de 0,001 pulgadas, la cantidad máxima que los milímetros redondeados pueden estar por encima o por debajo de las tolerancias en pulgadas es 0,000 050 pulgadas.

Para determinar los equivalentes en milímetros de las dimensiones en pulgadas mediante el método A, se debe seguir estos pasos:

(1) Se debe determinar los límites máximo y mínimo en pulgadas.

(2) Se debe determinar el intervalo de tolerancia en pulgadas.

(3) Se debe convertir las dimensiones límites en pulgadas a valores en milímetros utilizando los equivalentes exactos en milímetros.

(4) Con base en el intervalo de tolerancia en pulgadas, se debe establecer el número de lugares decimales que se conservará utilizando la Tabla 10 y los valores en milímetros redondeados según las reglas de redondeo proporcionadas en 7.4. Véase el ejemplo en la Tabla 11.

7.2.2.3 Método B de redondeo. Este método se utiliza cuando las tolerancias en milímetros resultantes deben estar dentro de las tolerancias en pulgadas. En casos extremos, este método puede resultar en que la tolerancia en milímetros del límite inferior es mayor, en

5% como máximo, que la tolerancia inferior en pulgadas. En forma similar, la tolerancia en milímetros del límite superior puede ser menor, en 5% como máximo, que la tolerancia en superior pulgadas. Por lo tanto, el intervalo de tolerancia se puede reducir en hasta el 10% de la tolerancia en pulgadas del diseño original; sin embargo, es muy poco probable que el máximo del 5% ocurra en ambos límites de manera simultánea. Para determinar los equivalentes en milímetros de las dimensiones en pulgadas mediante el método B, se debe seguir estos pasos:

(1) Se debe determinar los límites máximo y mínimo en pulgadas.

(2) Se debe determinar el intervalo de tolerancia en pulgadas.

(3) Se debe convertir la tolerancia en pulgadas a los equivalentes exactos en milímetros.

(4) Con base en el intervalo de tolerancia en pulgadas, se debe establecer el número de lugares decimales que se conservarán en los valores en milímetros utilizando la Tabla 10.

(5) En caso de requerirse redondeo, se debe redondear los valores en milímetros para que queden dentro de los límites de tolerancia en pulgadas; es decir, en el siguiente valor más bajo para el límite superior y en el siguiente valor más alto para el límite inferior (véase el ejemplo en la Tabla 11).

7.3 Otras conversiones. Para establecer valores convertidos equivalentes y significativos, se debe realizar una cuidadosa determinación del número de dígitos significativos que se conservarán para no sacrificar o exagerar la precisión del valor. No es práctico convertir una presión de 1000 psi en 6,894 757 MPa porque el valor no justifica enunciar la conversión utilizando seis lugares decimales. Aplicando la política del 7.3.4, una conversión práctica es 7 MPa. Se puede establecer la precisión deseada de un valor a partir de la tolerancia especificada o mediante una comprensión de los equipos, proceso o precisión del dispositivo de medición.

7.3.1 Valores con una tolerancia especificada. La tolerancia en un valor proporciona un buen indicativo de la precisión deseada. Una regla general para determinar la precisión deseada de un valor con tolerancia es asumir que la precisión deseada es una décima parte de la tolerancia total. Ya que la precisión deseada del valor convertido no debe ser superior a la precisión deseada del valor original, la tolerancia total se divide por 10 y se convierte. Los dígitos significativos apropiados se conservan en el valor convertido y en la tolerancia convertida de modo que el último dígito significativo conservado está en unidades no mayores a una décima parte de la tolerancia convertida. Los siguientes ejemplos ilustran esta regla:

(1) Presión de 200 ± 15 psi convertida a Pa. La tolerancia total es 30 psi, dividido por 10 es 3 psi, que convertida es aproximadamente 20,7 kPa. Las unidades que se utilizarán equivalen a 10 kPa (en vez de 1 kPa o 100 kPa) porque 10 kPa es la unidad más grande menor que 20,7 kPa, que es una décima parte de la tolerancia convertida.

200 ± 15 psi = $1378,9514 \pm 103,421\ 355$ kPa, que se redondea a 1380 ± 100 kPa = $1,38 \pm 0,10$ MPa.

(2) $25 \pm 0,1$ oz de alcohol convertido a litros. La tolerancia total es 0,2 oz, dividida por 10 es 0,02 oz, y convertida es aproximadamente 0,6 mL.

Unidades que se utilizarán: 0,1 mL (en vez de 10 mL o 1 mL).

$25 \pm 0,1$ oz = $739,34 \pm 2,8957$ mL, que se redondea en $739,3 \pm 2,9$ mL.

7.3.2 Valores sin tolerancia especificada. Si un valor se muestra sin tolerancia, la precisión deseada se relaciona con el número de dígitos significativos mostrados asumiendo que el valor había sido redondeado desde un número mayor de dígitos. La precisión deseada se establece como más o menos media unidad del último dígito significativo en el cual se enuncia el valor. Sin embargo, a medida que el último dígito significativo se aleja del punto decimal, la precisión deseada se distorsiona si esta regla se utiliza de manera indiscriminada. En estos casos, la precisión deseada se calcula como estando algún dígito más cercano al punto decimal según la naturaleza del uso del valor. Ya que la precisión deseada del valor convertido no debería ser mayor que la del valor original, se establece y convierte la precisión deseada. Los dígitos significativos apropiados se conservan en el valor convertido de modo que el último dígito significativo conservado esté en unidades no mayores a la precisión deseada convertida. Los siguientes ejemplos ilustran esta política:

(1) 157 millas (redondeado a partir de cualquier valor entre 156,5 y 157,5 millas) a kilómetros. La precisión deseada total es 1 milla, que es aproximadamente 1,6 km.

Unidades que se utilizarán: 1 km

157 millas = 252,613 km, que se redondea en 253 km.

(2) Esfuerzo de tracción de 50 000 psi convertido a pascas. La precisión estimada total es 500 psi (3,4 MPa) a partir de la naturaleza del uso y la precisión del equipo de medición.

Unidades que se utilizarán: 1 MPa

50 000 psi = 344,7379 MPa que se redondea a 345 MPa.

(Véase también el 7.3.4 para una conversión menos precisa.)

(3) Un cable eléctrico de 8 pies de longitud, convertido a metros. La precisión deseada total es 1 pie, o aproximadamente 0,3 m.

Unidades que se utilizarán: 0,1 m

8 pies = 2,4384 m, que se redondea en 2,4 m.

7.3.3 Temperatura. Todas las temperaturas expresadas en números enteros de grados Fahrenheit se convierten al 0,1 kelvin o grado Celsius más cercano. Las temperaturas Fahrenheit indicadas para ser aproximadas, máxima o mínima, o para tener una tolerancia de $\pm 5^\circ\text{F}$ o más, se convierten al número entero más cercano en kelvins o grados Celsius. Las temperaturas Fahrenheit que tienen una tolerancia de más o menos 100°F o más se convierten a los 5 kelvins o grados Celsius más cercanos.

$$100 \pm 5^\circ\text{F} = 38 \pm 3^\circ\text{C} = 311 \pm 3\text{ K}$$

$$1000 \pm 100^\circ\text{F} = 540 \pm 55^\circ\text{C} = 810 \pm 55\text{ K}$$

7.3.4 Conversión de presión o esfuerzo. En la mayoría de los casos, los valores de esfuerzo se convierten desde ksi al valor en megapascal más cercano. Los valores de presión o esfuerzo que tienen una incertidumbre de más del 2% se pueden convertir sin redondear mediante los factores aproximados:

$$1\text{ psi} = 7\text{ kPa} \quad 1\text{ ksi} = 7\text{ MPa}$$

7.4 Reglas de redondeo. Cuando el siguiente dígito después del último dígito que se conservará es inferior a cinco, el último dígito conservado no se cambia.

4,463 25 redondeado a tres lugares decimales es 4,463.

7.4.1 Cuando los dígitos después del último dígito que se conservará equivale a más de cinco seguido por ceros, el último dígito conservado se aumenta en uno.

8,376 52 redondeado a tres lugares decimales es 8,377.

7.4.2 Cuando el dígito después del último dígito que se conservará es exactamente cinco seguido por ceros (explícitos o implícitos), no se cambia el último dígito que se conservará, si es par; pero si el último dígito que se conservará es impar, éste se aumenta en uno.

4,365 00 se convierte en 4,36 cuando se redondea a dos lugares decimales.

4,355 00 también se convierte en 4,36 cuando se redondea a dos lugares decimales.

7.4.3 El valor redondeado final se obtiene a partir del valor preciso que se redondeará, no a partir de una serie de redondeos sucesivos. Para mantener la precisión durante la conversión, el valor equivalente en milímetros se lleva a al menos un (1) lugar decimal adicional. Generalmente, lo mejor es utilizar valores exactos y redondear sólo los resultados finales.

8. Transición

8.1 Introducción. Casi todos los sectores de la sociedad e industria estadounidense sentirán el efecto de la conversión métrica. Ciertamente, muchas compañías ya están en diferentes fases de la conversión. Algunas compañías, particularmente aquellas con intereses extranjeros, se han convertido completamente. Otras se

mantienen informadas acerca del estado de la conversión al sistema métrico en los Estados Unidos.

8.2 Consideraciones

8.2.1 Conversión repentina en ingeniería y diseño desde las unidades de pulgadas y libras a las unidades métricas. El objetivo es lograr que los ingenieros y diseñadores “piensen de manera métrica” tan pronto como sea posible. La experiencia en Gran Bretaña demostró que aprender a pensar de manera métrica es importante para reducir el tiempo de transición y los costos, y para obtener los beneficios de un sistema métrico de medición más racional y sencillo. Esto es especialmente así para los ingenieros y diseñadores que deben pensar en grupos de números interrelacionados y que dependen de una “percepción” para el significado del diseño de estas relaciones. Cambiar de manera repentina las actividades de ingeniería y diseño al sistema métrico es práctico porque es una conversión que involucra el reemplazo de equipo de costo relativamente bajo.

8.2.2 Reemplazo de los equipos de fabricación de manera cíclica con excepción de algunas actividades de inspección. Cambiar las actividades de fabricación desde pulgadas y libras a las unidades del SI involucra una gran inversión de capital en equipos. El costo y el tiempo de transición en los talleres pueden acortarse un poco convirtiendo las pantallas de las máquinas. Algunas máquinas sólo se utilizan para remoción no precisa de material y nunca necesitarán convertirse. Otras, tal como las máquinas controladas numéricamente con pantallas digitales, son convertibles electrónicamente. Los calibradores de inspección están en una categoría especial. Éstas duran tanto tiempo que el reemplazo cíclico no es una manera factible para convertir las actividades de inspección. Además, la inspección sirve como verificación de las otras actividades de fabricación, incluyendo los errores de conversión. Parece razonable convertir los calibradores de manera prioritaria.

Las consideraciones de costo-beneficio en el taller requieren un método de reemplazo cíclico con un objetivo de terminación según la vida útil promedio de las herramientas. Esto significa que la unidad métrica utilizada por los departamentos de ingeniería y diseño debe convertirse en la máquina herramienta que todavía opera en pulgadas. Las conversiones métricas a pulgadas deben ocurrir en alguna etapa del ciclo de diseño-fabricación mientras todavía haya máquinas que trabajen en pulgadas.

8.2.3 Dimensiones dobles. Una manera popular de manejar la conversión de medidas es colocar dimensiones dobles en los planos, pero las dimensiones dobles una al lado de la otra (utilizando corchetes) es un mecanismo de transición costoso. Además de los costos de dibujo adicionales y el mayor desorden de los planos, esto permite que los ingenieros y diseñadores eviten aprender

a pensar de manera métrica porque todos los viejos conocidos números en pulgadas todavía están allí para ser utilizados. Además, es importante que los mecanismos de conversión durante el período de transición permitan un cambio gradual a medida que disminuya la necesidad de conversión en el taller.

Las dimensiones dobles al nivel de diseño pueden desarrollar un mecanismo de transición costoso hasta que se convierta la última máquina o proveedor con que se deba trabajar. Esto se debe a que la decisión de comprar-fabricar usualmente se toma después de finalizar el trabajo de diseño; los diseñadores no saben dónde puede ir un dibujo para fabricación y deben tratar cada pieza como si ésta fuera a ser fabricada por máquinas en pulgadas. Una compañía consideró varias ideas y decidió que la manera más sencilla y menos costosa de manejar la conversión pulgada a milímetro en la máquina era utilizar una tabla de conversión (véase 8.2.4.1). Esto significa que habría una dualidad en el taller, que disminuiría con el tiempo, durante el período de transición. En general, la dualidad es menos problemática en talleres donde un operario, mayormente, está pendiente de sólo una dimensión a la vez: la dimensión que se está cortando.

8.2.4 Conversiones del sistema de plano de ingeniería a taller. Se puede considerar las siguientes técnicas para las dimensiones en los planos. Éstas sólo deben utilizarse durante un período de transición. Al final, todas las dimensiones estarán en unidades del SI y todas las máquinas herramientas tendrán pantallas similares.

El primer método implica el uso de una tabla de conversión que acompañe cada plano o que de otro modo estará disponible para cada usuario del plano. El segundo método implica la inclusión de equivalentes en pulgadas de dimensiones en milímetros, en forma tabular, en cada plano.

Observe que ningún método involucra dimensiones una al lado de la otra.

8.2.4.1 Técnica No. 1: Uso de una tabla de conversión simplificada de una página basada en las dimensiones preferidas. Suministrar una tabla de conversión al operario de la máquina es una idea más atractiva si se combina con un sistema de dimensiones y tolerancias preferidas que permita una tabla simplificada de una página. Se espera que los diseñadores utilicen los números preferidos para las dimensiones y tolerancias excepto en casos inusuales. Ya que los diseñadores y fabricantes utilizan la misma tabla simplificada, el ingeniero/diseñador debe tener confianza en la conversión de la dimensión en milímetros para la fabricación e inspección. Los pocos números en un plano que no están incluidos en la tabla son convertidos por el diseñador y se colocan en una esquina del plano. El éxito de este método se mide por cuantos números en un plano

no son de la lista de valores preferidos. Si muchos de los números que hay en un plano deben convertirse en el plano, este método se convierte en una forma de dimensiones dobles.

8.2.4.2 Técnica No. 2: La inclusión de una tabla de conversión en cada plano. Las conversiones de milímetro a pulgadas se incluyen en forma tabular en los planos nuevos. Sólo se suministran las dimensiones que aparecen en el plano, usualmente en orden de magnitud. Un método es utilizar tablas de conversión generadas por computadora que son copiadas sobre Mylar con respaldo adhesivo. Luego, las tablas se fijan a los planos originales para su copia. Puede fijarse tablas similares a los rollos de planos existentes junto con una etiqueta “MÉTRICO” visible. El bloque de “cambio” reflejaría la revisión, y los planos serían distribuidos nuevamente.

8.2.5 Cuándo reemplazar el inventario existente de pulgadas y libras con el inventario métrico. No debería hacerse ningún esfuerzo para utilizar materias primas e insumos producidos con unidades métricas si al hacer esto se degrada algún factor de diseño o fabricación, incluyendo el costo. Además, los materiales deben denominarse en los planos métricos como son fabricados y especificados, es decir, las unidades métricas deben utilizarse para materiales “métricos”, y las unidades de pulgadas y libras deben utilizarse para definir materiales fabricados utilizando las unidades de pulgadas y libras. Se debe monitorear todo el inventario de insumos para introducir insumos métricos de una manera oportuna. Además, es importante saber lo más pronto posible la disponibilidad de los materiales métricos para preparar el cambio en el inventario y diseño.

8.2.6 Uso de un método de números preferidos para la reducción de inventario general previo a la necesidad de tener un inventario doble. Un posible plan de reducción del inventario designaría los artículos preferidos dentro del inventario existente para los departamentos de ingeniería y diseño. Luego, se controlaría el uso de los artículos para ver si hay algún artículo no preferido que debería agregarse a la lista de preferidos. Todos los elementos no preferidos restantes serían eliminados del inventario. Es importante que el procedimiento de control sea sensible al posible uso de artículos preferidos a expensas de la integridad de diseño. El atractivo del método de la lista de preferidos para reducción del inventario es que los requisitos de diseño se pueden probar antes de que se deba tomar una decisión difícil sobre qué se eliminará del inventario (véase la sección 9, números preferidos).

El éxito de este método depende de hasta qué punto se pueda reducir un inventario existente sin pérdida significativa de la eficiencia de fabricación.

8.2.7 Cada grupo principal sólo debe recibir instrucciones sobre lo que necesita saber. La capacitación formal en salón de clases puede proporcionar información sobre los antecedentes de la conversión para propósitos motivadores y para lo fundamental del SI. Se debería suministrar material de consulta para autoaprendizaje. Ha habido una tendencia de exagerar los aspectos de capacitación sobre la conversión métrica más allá de lo que es económico. El SI es un sistema sencillo y las personas necesitan aprender inicialmente sólo la parte del SI relacionada con su disciplina.

8.2.8 Se debe establecer y utilizar métodos estándar. La expedición de una norma métrica de ingeniería debe suministrar la política y los procedimientos necesarios. Esta norma servirá para coordinar los esfuerzos y garantizar que se utilicen métodos comunes.

9. Números preferidos

9.1 Definición. Los números preferidos son una serie de números recomendados como ayuda para establecer tamaños, tales como tamaños de pernos, electrodos, soldaduras de filete, etc. donde se desea un rango de tamaños.

Estas series se diseñan según una progresión geométrica. Cada número en la serie tiene la misma relación proporcional con su número precedente. Para propósitos generales de dimensionado y gradación, una serie geométrica usualmente es más racional que una serie de progresión aritmética.

En una serie aritmética, el incremento de tamaño de la unidad es constante para cualquier rango de tamaños. Un ejemplo de la progresión aritmética usual son los tamaños fraccionales de dados (o agujeros) que tienen incrementos de tamaño de 1/64 de pulgada. La precisión de la división se hace ridículamente pequeña cuando el diámetro nominal aumenta a 1 pulgada o más.

9.2 Aplicación de los números preferidos. El tamaño de los incrementos en una serie geométrica es determinado por un factor de multiplicación que, en la mayoría de las series comunes utilizadas en el campo de la mecánica (la serie Renard), es una raíz de 10. Las series de 5, 10, 20 y 40 son las series de números preferidos más comúnmente utilizadas. Éstas cubren la mayoría de las aplicaciones. Se selecciona una (1) serie de este grupo para una norma dada, según el tamaño o número de incrementos deseados.

El fundamento para el sistema de números preferidos es el siguiente: El 1.0 se utiliza como el primer número de una serie. Cada número subsiguiente se determina multiplicando su número precedente por un factor constante para la serie. El producto se redondea a valores medibles, según las características para las cuales se está estableciendo una norma. Los factores constantes se determinan de la siguiente manera:

Para la serie de 5 $\sqrt[5]{10}$, o 1,5849

Para la serie de 10 $\sqrt[10]{10}$, o 1,2589

Para la serie de 20 $\sqrt[20]{10}$, o 1,1220

Para la serie de 40 $\sqrt[40]{10}$, o 1,0593

En las series de 5, los números subsiguientes representan un aumento de aproximadamente el 60% sobre el número precedente; en las series de 10, aproximadamente el 25%; en las series de 20, aproximadamente el 12%; y en las series de 40, aproximadamente el 6%. (Los números preferidos de las series de 5, 10, 20 y 40 se muestran en la Tabla 12.)

Los incrementos progresivamente mayores dentro de una serie de números preferidos resulta en menos tamaños dentro del rango total de una línea de productos o materiales. Esto puede significar ahorros en elementos tales como desarrollo, herramientas, tiempo de preparación y almacenamiento de materia prima.

Los números en la Tabla 12 son aproximaciones de los valores teóricos obtenidos de este modo, y la divergencia con respecto a los valores teóricos no es superior a 1,3%. Los valores teóricos no se suministran aquí porque no son de interés en la aplicación práctica del sistema. Se suministra una tabla de los números "exactos" (cinco decimales) como se muestran en ANSI Z17.1 (véase el Apéndice D, Otros documentos).

Como ejemplo de la aplicación del concepto de números preferidos, se utilizó la serie 10 de números preferidos para determinar los tamaños racionales apropiados de las soldaduras de filete dados en la columna Series racionales de la Tabla 7. En este caso, la serie se inició en 3 mm (aproximadamente igual a 1/8 en el filete). El valor de 3 mm fue redondeado a partir del valor de la tabla de 3,15 como una consideración práctica. A partir de allí, los tamaños 4, 5, 6, 8, etc., resultan en aproximadamente el 25% de incremento por paso. Observe que el tamaño de 13 mm es superfluo y no se utiliza.

9.3 Ventaja de utilizar números preferidos. La adopción de una serie de números preferidos que serán utilizados por todos los diseñadores tiende a unificar los tamaños elegidos por diferentes diseñadores, reduce la variedad de números utilizados y crea la uniformidad e intercambiabilidad consiguientes que son indispensables para un trabajo de normalización exitoso.

Para aquellos que se esfuerzan por conseguir el desarrollo de normas industriales métricas y esperan la posible aceptación internacional, se recomienda firmemente la observancia del concepto de los números

preferidos. Para lograr que una norma de diversidad múltiple en campos mecánicos tales como la soldadura sea aceptada por la International Organization for Standardization (ISO), la gradación sugerida debe estar acorde con el concepto de números preferidos. Por ejemplo, un importante productor estadounidense de rodamientos de rodillos fue obligado a cambiar los tamaños de una nueva línea métrica de rodamientos de rodillos acorde con una serie de números preferidos como parte de un esfuerzo para hacer la norma sugerida más aceptable para la ISO.

Se recomiendan los números preferidos para uso por parte de unidades industriales más pequeñas o por personas que desean establecer una normalización racional para su propia actividad con el fin de tener compatibilidad con eventuales normas nacionales e internacionales.

Cambiar las normas disconformes que están bien establecidas y generalmente son satisfactorias requiere una evaluación de las ventajas y desventajas en cada caso. Los cambios realizados solamente para propósitos de cumplir el sistema de números preferidos podrían no ser justificables debido a una desventaja económica. La actividad apropiada en cada situación será determinada por la agencia responsable o el comité de la agencia. Debe darse consideración seria al uso de los números preferidos para cualquier extensión de una norma disconforme existente. Convertir a un sistema de números preferidos durante un período de transición puede ser ventajoso para algunas normas. Puede encontrarse más detalles de los números preferidos con aplicaciones y cálculos aproximados en las normas 3, 17 y 497 de la ISO (vea el Apéndice D, Otros documentos).

Tabla 12
Números básicos preferidos—Series decimales
(1 a 10)

Series de 5 (incrementos de 60%)	Series de 10 (incrementos de 25%)	Series de 20 (incrementos de 12%)	Series de 40 (incrementos de 6%)
1,0	1,0	1,0	1,0
			1,06
		1,12	1,12
			1,18
	1,25	1,25	1,25
			1,32
		1,4	1,4
			1,5
1,6	1,6	1,6	1,6
			1,7
		1,8	1,8
			1,9
	2,0	2,0	2,0
			2,12
		2,24	2,24
			2,36
2,5	2,5	2,5	2,5
			2,65
		2,8	2,8
			3,0
	3,15	3,15	3,15
			3,35
		3,55	3,55
			3,75
4,0	4,0	4,0	4,0
			4,25
		4,5	4,5
			4,75
	5,0	5,0	5,0
			5,3
		5,6	5,6
			6,0
6,3	6,3	6,3	6,3
			6,7
		7,1	7,1
			7,5
	8,0	8,0	8,0
			8,5
		9,0	9,0
			9,5

Nota general: los incrementos en porcentaje son promedios aproximados.

Copyright American Welding Society

Apéndice A

Conversión de pulgadas a milímetros

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

Conversiones métricas utilizadas comúnmente (Conversión de pulgadas a milímetros)

1 pulg. = 25,4 mm exactamente

**Para convertir pulgadas decimales a milímetros, multiplique el valor en pulgadas por 25,4.
Para convertir milímetros decimales a pulgadas, divida el valor en milímetros por 25,4.**

Pulgada			Pulgada		
Fraccional	Decimales		Fraccional	Decimal	Milímetro
1/64	0,016	0,397	33/64	0,516	13,097
1/32	0,031	0,794	17/32	0,531	13,494
3/64	0,047	1,191	35/64	0,547	13,891
1/16	0,062	1,588	9/16	0,562	14,288
5/64	0,078	1,984	37/64	0,578	14,684
3/32	0,094	2,381	19/32	0,594	15,081
7/64	0,109	2,778	39/64	0,609	15,478
1/8	0,125	3,175	5/8	0,625	15,875
9/64	0,141	3,572	41/64	0,641	16,272
5/32	0,156	3,969	21/32	0,656	16,669
11/64	0,172	4,366	43/64	0,672	17,066
3/16	0,188	4,762	11/16	0,688	17,462
13/64	0,203	5,159	45/64	0,703	17,859
7/32	0,219	5,556	23/32	0,719	18,256
15/64	0,234	5,953	47/64	0,734	18,653
1/4	0,250	6,350	3/4	0,750	19,050
17/64	0,266	6,747	49/64	0,766	19,447
9/32	0,281	7,144	25/32	0,781	19,844
19/64	0,297	7,541	51/64	0,797	20,241
5/16	0,312	7,938	13/16	0,812	20,638
21/64	0,328	8,334	53/64	0,828	21,034
11/32	0,344	8,731	27/32	0,844	21,431
23/64	0,359	9,128	55/64	0,859	21,828
3/8	0,375	9,525	7/8	0,875	22,225
25/64	0,391	9,922	57/64	0,891	22,622
13/32	0,406	10,319	29/32	0,906	23,019
27/64	0,422	10,716	59/64	0,922	23,416
7/16	0,438	11,112	15/16	0,938	23,812
29/64	0,453	11,509	61/64	0,953	24,209
15/32	0,469	11,906	31/32	0,969	24,606
31/64	0,484	12,303	63/64	0,984	25,003
1/2	0,500	12,700	1	1,000	25,400

Apéndice B

Conversión de libra-fuerza por pulgada cuadrada a kilopascales

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

Conversiones métricas utilizadas comúnmente
(Conversión de libra-fuerza por pulgada cuadrada a kilopascales)
(Conversión de miles de libras-fuerza por pulgada cuadrada a megapascals)

1 psi = 6894,757 Pa

Para convertir psi a pascales, multiplique el valor en psi por $6,894\,757 \times 10^3$.

Para convertir pascales a psi, divida el valor en pascales por $6,894\,757 \times 10^3$.

psi ksi	kPa MPa	psi ksi	kPa MPa	psi ksi	kPa MPa	psi ksi	kPa MPa
1	6,9	26	179	51	352	76	524
2	13,8	27	186	52	359	77	531
3	20,7	28	193	53	365	78	538
4	27,6	29	200	54	372	79	545
5	34,5	30	207	55	379	80	552
6	41,4	31	214	56	386	81	558
7	48,3	32	221	57	393	82	565
8	55,2	33	228	58	400	83	572
9	62,1	34	234	59	407	84	579
10	68,9	35	241	60	414	85	586
11	75,8	36	248	61	421	86	593
12	82,7	37	255	62	427	87	600
13	89,6	38	262	63	434	88	607
14	96,5	39	269	64	441	89	614
15	103	40	276	65	448	90	621
16	110	41	283	66	455	91	627
17	117	42	290	67	462	92	634
18	124	43	296	68	469	93	641
19	131	44	303	69	476	94	648
20	138	45	310	70	483	95	655
21	145	46	317	71	490	96	662
22	152	47	324	72	496	97	669
23	159	48	331	73	503	98	676
24	165	49	338	74	510	99	683
25	172	50	345	75	517	100	689

Copyright American Welding Society
Provided by IHS under license with AWS
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Apéndice C

Conversión de temperatura Fahrenheit–Celsius

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

Conversiones métricas utilizadas comúnmente (Conversión de temperatura Fahrenheit–Celsius)

$$t_C = (t_F - 32)/1,8$$

$$t_F = (1,8 t_C) + 32$$

Encuentre el número que se convertirá (sin importar su escala de temperatura)
en la columna central (negrilla).

Al convertir desde grados Fahrenheit, lea el equivalente en Celsius en la columna encabezada por “°C”.
Al convertir desde grados Celsius, lea el equivalente en Fahrenheit en la columna encabezada por “°F”.

°C		°F		°C		°F		°C		°F		°C		°F
-273	-459			-79	-110	-166		9	48	118		88	190	374
-268	-450			-73	-100	-148		10	50	122		93	200	392
-262	-440			-68	-90	-130		11	52	126		99	210	410
-257	-430			-62	-80	-112		12	54	129		104	220	428
-251	-420			-57	-70	-94		13	56	133		110	230	446
-246	-410			-51	-60	-76		14	58	136		116	240	464
-240	-400			-46	-50	-58		16	60	140		121	250	482
-234	-390			-40	-40	-40		17	62	144		127	260	500
-229	-380			-34	-30	-22		18	64	147		132	270	518
-223	-370			-29	-20	-4		19	66	151		138	280	536
-218	-360			-23	-10	14		20	68	154		143	290	554
-212	-350			-18	0	32		21	70	158		149	300	572
-207	-340			-17	2	36		22	72	162		154	310	590
-201	-33			-16	4	39		23	74	165		160	320	608
-196	-320			-14	6	43		24	76	169		166	330	626
-190	-310			-13	8	46		26	78	172		171	340	644
-184	-300			-12	10	50		27	80	176		177	350	662
-179	-290			-11	12	54		28	82	180		182	360	680
-173	-280			-10	14	57		29	84	183		188	370	698
-168	-270	-454		-9	16	61		30	86	187		193	380	716
-162	-260	-436		-8	18	64		31	88	190		199	390	734
-157	-250	-418		-7	20	68		32	90	194		204	400	752
-151	-240	-400		-6	22	72		33	92	198		210	410	770
-146	-230	-382		-4	24	75		34	94	201		216	420	788
-140	-220	-364		-3	26	79		36	96	205		221	430	806
-134	-210	-346		-2	28	82		37	98	208		227	440	824
-129	-200	-328		-1	30	86		38	100	212		232	450	842
-123	-190	-310		0	32	90		43	110	230		238	460	860
-118	-180	-292		1	34	93		49	120	248		243	470	878
-112	-170	-274		2	36	97		54	130	266		249	480	896
-107	-160	-256		3	38	100		60	140	284		254	490	914
-101	-150	-238		4	40	104		66	150	302		260	500	932
-96	-140	-220		6	42	108		71	160	320		266	510	950
-90	-130	-202		7	44	111		77	170	338		271	520	968
-84	-120	-184		8	46	115		82	180	356		277	530	986

(continuación)

Apéndice C (continuación)

°C			°F			°C			°F			°C			°F
282	540	1004		560	1040	1904		838	1540	2804		1116	2040	3704	
288	550	1022		566	1050	1922		843	1550	2822		1121	2050	3722	
293	560	1040		571	1060	1940		849	1560	2840		1127	2060	3740	
299	570	1058		577	1070	1958		854	1570	2858		1132	2070	3758	
304	580	1076		582	1080	1976		860	1580	2876		1138	2080	3776	
310	590	1094		588	1090	1994		866	1590	2894		1143	2090	3794	
316	600	1112		593	1100	2012		871	1600	2912		1149	2100	3812	
321	610	1130		599	1110	2030		877	1610	2930		1154	2110	3830	
327	620	1148		604	1120	2048		882	1620	2948		1160	2120	3848	
332	630	1166		610	1130	2066		888	1630	2966		1166	2130	3866	
338	640	1184		616	1140	2084		893	1640	2984		1171	2140	3884	
343	650	1202		621	1150	2102		899	1650	3002		1177	2150	3902	
349	660	1220		627	1160	2120		904	1660	3020		1182	2160	3920	
354	670	1238		632	1170	2138		910	1670	3038		1188	2170	3938	
360	680	1256		638	1180	2156		916	1680	3056		1193	2180	3956	
366	690	1274		643	1190	2174		921	1690	3074		1199	2190	3974	
371	700	1292		649	1200	2192		927	1700	3092		1204	2200	3992	
377	710	1310		654	1210	2210		932	1710	3110		1210	2210	4010	
382	720	1328		660	1220	2228		938	1720	3128		1216	2220	4028	
388	730	1346		666	1230	2246		943	1730	3146		1221	2230	4046	
393	740	1364		671	1240	2264		949	1740	3164		1227	2240	4064	
399	750	1382		677	1250	2282		954	1750	3182		1232	2250	4082	
404	760	1400		682	1260	2300		960	1760	3200		1238	2260	4100	
410	770	1418		688	1270	2318		966	1770	3218		1243	2270	4118	
416	780	1436		693	1280	2336		971	1780	3236		1249	2280	4136	
421	790	1454		699	1290	2354		977	1790	3254		1254	2290	4154	
427	800	1472		704	1300	2372		982	1800	3272		1260	2300	4172	
432	810	1490		710	1310	2390		988	1810	3290		1266	2310	4190	
438	820	1508		716	1320	2408		993	1820	3308		1271	2320	4208	
443	830	1526		721	1330	2426		999	1830	3326		1277	2330	4226	
449	840	1544		727	1340	2444		1004	1840	3344		1282	2340	4244	
454	850	1562		732	1350	2462		1010	1850	3362		1288	2350	4262	
460	860	1580		738	1360	2480		1016	1860	3380		1293	2360	4280	
466	870	1598		743	1370	2498		1021	1870	3398		1299	2370	4298	
471	880	1616		749	1380	2516		1027	1880	3416		1304	2380	4316	
477	890	1634		754	1390	2534		1032	1890	3434		1310	2390	4334	
482	900	1652		760	1400	2552		1038	1900	3452		1316	2400	4352	
488	910	1670		766	1410	2570		1043	1910	3470		1321	2410	4370	
493	920	1688		771	1420	2588		1049	1920	3488		1327	2420	4388	
499	930	1706		777	1430	2606		1054	1930	3506		1332	2430	4406	
504	940	1724		782	1440	2624		1060	1940	3524		1338	2440	4424	
510	950	1742		788	1450	2642		1066	1950	3542		1343	2450	4442	
516	960	1760		793	1460	2660		1071	1960	3560		1349	2460	4460	
521	970	1778		799	1470	2678		1077	1970	3578		1354	2470	4478	
527	980	1796		804	1480	2696		1082	1980	3596		1360	2480	4496	
532	990	1814		810	1490	2714		1088	1990	3614		1366	2490	4514	
538	1000	1832		816	1500	2732		1093	2000	3632		1371	2500	4532	
543	1010	1850		821	1510	2750		1099	2010	3650		1377	2510	4550	
549	1020	1868		827	1520	2768		1104	2020	3668		1382	2520	4568	
554	1030	1886		832	1530	2786		1110	2030	3686		1388	2530	4586	

(continuación)

Apéndice C (continuación)

°C			°F		°C			°F		°C			°F	
1393	2540	4604			1460	2660	4820			1527	2780	5036		
1399	2550	4622			1466	2670	4838			1532	2790	5054		
1404	2560	4640			1471	2680	4856			1538	2800	5072		
1410	2570	4658			1477	2690	4874			1543	2810	5090		
1416	2580	4676			1482	2700	4892			1549	2820	5108		
1421	2590	4694			1488	2710	4910			1554	2830	5126		
1427	2600	4712			1493	2720	4928			1560	2840	5144		
1432	2610	4730			1499	2730	4946			1566	2850	5162		
1438	2620	4748			1504	2740	4964			1571	2860	5180		
1443	2630	4766			1510	2750	4982			1577	2870	5198		
1449	2640	4784			1516	2760	5000			1582	2880	5216		
1454	2650	4802			1521	2770	5018			1588	2890	5234		

Apéndice D

Otros documentos

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) (Oficina Internacional de Pesas y Medidas): Sèvres Cedex, Francia

The International System of Units (SI), 7th Edition, 1998 (El Sistema Internacional de Unidades (SI), 7.ª edición, 1998).

National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional Estadounidense de Normas y Tecnología), Government Printing Office (Oficina de Imprenta del Gobierno): Washington

The International System of Units (SI), NIST Special Publication 330, 2001 (El Sistema Internacional de Unidades (SI), publicación especial 330 del NIST).

La traducción aprobada en EE. UU. de la publicación del BIPM indicada anteriormente.

Metric System of Measurement: Interpretation of the International System of Units for the United States (Sistema métrico de medición: Interpretación del sistema internacional de unidades para los Estados Unidos), National Institute of Standards and Technology, Notice: Tuesday, July 28, 1998, Federal Register, Volume 63, Number 144 (Aviso: Martes, 28 de julio de 1998, Registro Federal, volumen 63, número 144).

Este aviso del Departamento de Comercio reitera la interpretación del sistema internacional de unidades (SI) para los Estados Unidos.

Guide for the Use of the International System of Units (SI), NIST Special Publication 811, 1995 (Guía para el uso del Sistema Internacional de unidades (SI), publicación especial 811 de NIST, 1995).

Creado para ayudar los integrantes del personal del NIST así como también a otras personas que pudieran necesitar dicha ayuda en el uso del SI en su trabajo, incluyendo el informe de resultados de medidas.

El Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, Inc.) y la American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Ensayos y Materiales): Nueva York

Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System, IEEE/ASTM SI 10-1997. (Norma para el uso del sistema internacional de unidades (SI): El sistema métrico moderno, IEEE/ASTM SI 10-1997)

La principal norma estadounidense nacional que suministra guía para el uso del SI.

International Standards Organization (ISO) (Organización Internacional de Normalización): Ginebra, Suiza

Números preferidos—Series de números preferidos, ISO 3:1973.

Guía para el uso de números preferidos y de series de números preferidos, ISO 17:1973.

Cantidades y unidades, Partes 0-13, ISO 31:1992.

Parte 0: Principios generales

Parte 1: Espacio y tiempo

Parte 2: Fenómeno periódico y relacionado

Parte 3: Mecánica

Parte 4: Calor

Parte 5: Electricidad y magnetismo

Parte 6: La luz y radiaciones electromagnéticas relacionadas

Parte 7: Acústica

Parte 8: Físicoquímica y física molecular

Parte 9: Física atómica y física nuclear

Parte 10: Reacciones nucleares y radiaciones ionizantes

Parte 11: Símbolos y signos matemáticos para uso en las ciencias físicas y la tecnología

Parte 12: Números característicos

Parte 13: Física del estado sólido

Guía para la selección de series de números preferidos y de series que contienen más valores redondeados de números preferidos, ISO 497:1973.

Unidades del SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de ciertas otras unidades, ISO 1000:1992.

La norma ISO para el sistema internacional de unidades. Revisada periódicamente.

Society for Manufacturing Engineers (Sociedad de Ingenieros de Manufactura): Dearborn

Metriation for Engineers (Conversión al sistema métrico para ingenieros), Ernest Wolff, 2da edición, 1983.

Un buen curso práctico para el aprendizaje o enseñanza del SI.

National Institute of Building Sciences (Instituto Nacional Estadounidense de Ciencias de la Construcción): Washington

Guía acerca del sistema métrico para la construcción federal

Escrita específicamente para la industria de la construcción y revisada por expertos en el sistema métrico en todo el país.

Apéndice E

Otras instituciones

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

American National Metric Council

4340 East West Highway, Suite 401
Bethesda, MD 20814-4411
Tel: 301-718-6508
Fax: 301-656-0989
<http://lamar.colostate.edu/~hillger/anmc.htm>

Fundado bajo el auspicio del ANSI, el ANMC es patrocinado por la industria y es el mejor contacto para el efecto en las normas industriales y planes de transición industriales. Un propósito del ANMC es ser el principal instituto coordinador para la industria privada.

American National Standards Institute

25 West 43rd Street, 4th Fl.
New York, NY 10036
Tel: 212-642-4900
Fax: 212-398-0023
www.ansi.org

ANSI ofrece varias publicaciones acerca de la conversión al sistema métrico incluyendo un estudio de las consideraciones antimonopolio.

National Institute of Standards and Technology

Metric Program Office
100 Bureau Drive, Stop 2020
Gaithersburg, MD 20899-2020
Tel: 301-975-3690
www.nist.gov

Una fuente de información. Se pueden descargar sin costo las publicaciones del NIST enumeradas en el Apéndice D, en <http://www.physics.nist.gov/cuu/Units/bibliography.html>.

U. S. Metric Association, Inc.

10245 Andasol Avenue
Northridge, CA 91325-1504
Tel: 818-363-5606
Fax: 818-363-5606
<http://lamar.colostate.edu/~hillger/>

Fundada en 1916 para promover la conversión al sistema métrico en los Estados Unidos de América, la USMA es una fuente principal para el uso correcto del sistema métrico, pauta de conversión para compañías, e información actualizada sobre el desarrollo del sistema métrico.

National Institute of Building Sciences

1090 Vermont Avenue, NW Suite 700
Washington, DC 20005-4905
Tel: 202-289-7800
Fax: 202-289-1092
www.nibs.org

El National Institute of Building Sciences (NIBS) es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro establecida por el Congreso para atender el interés público al promover un ambiente normativo más racional para la comunidad de la construcción, facilitar la introducción de tecnologías nuevas e innovadoras, y divulgar la información técnica nacionalmente reconocida.

Apéndice F

Unidades para la segunda ley de Newton

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

La segunda ley de Newton, que predice de manera precisa la dinámica de los objetos libres, puede definirse, para el movimiento lineal de cuerpos rígidos de masa constante, como fuerza es igual a masa por aceleración.

F1. Los cinco conjuntos coherentes de unidades que se han utilizado ampliamente en esta ecuación se expresan en los siguientes cinco párrafos:

(1) El newton es la fuerza que acelera una masa de 1 kg a 1 metro por segundo al cuadrado. El metro, el kilogramo y el segundo, (unidades MKS) ahora son unidades básicas en el SI. Con el newton, éstas forman un subconjunto absoluto de unidades mecánicas en el cual la masa se elige como una cantidad básica en vez de la fuerza porque la masa puede medirse de manera más exactamente que la fuerza (véase 6.2). El newton metro o julio es la unidad de energía en el SI para todas las formas de energía.

(2) La dina es la fuerza que acelera una masa de 1 gramo a 1 centímetro por segundo al cuadrado. Con la dina, estas unidades cgs también forman un subconjunto absoluto de unidades mecánicas. La dina centímetro o ergio es la unidad de energía.

(3) El kilopondio es la fuerza que acelera una unidad técnica de masa a 1 metro por segundo al cuadrado. Hay unidades técnicas europeas que son un subconjunto gravitacional de unidades mecánicas en que la fuerza de gravedad se considera más conveniente (aunque se determina con menos precisión que la masa) para algunas aplicaciones de ingeniería. Otro nombre para el kilopondio es kilogramo-fuerza (kgf). Otro nombre para la utm es slug métrico.

(4) El poundal es la fuerza que acelera una masa de 1 libra (lbm) a 1 pie por segundo al cuadrado. En algunas publicaciones antiguas, éstas se llaman las unidades absolutas británicas.

(5) La libra-fuerza (lbf) es la fuerza que acelera una masa de un 1 slug a 1 pie por segundo al cuadrado. En algunas publicaciones antiguas, éstas se llaman las unidades gravitacionales británicas.

F2. Todas las unidades de masa citadas anteriormente pueden expresarse como múltiplos exactos de la unidad de masa del SI, el kilogramo; y todas las unidades de fuerza citadas arriba pueden expresarse como múltiplos exactos de la unidad de fuerza del SI, el newton. Esto se logra mediante la aplicación de las definiciones exactas de unidades que no son del SI en términos de unidades del SI (por ejemplo, 1 pie equivale exactamente a 0,3048 metros), mediante la aplicación de una “aceleración estándar de la caída libre” (aceleración estándar de la

gravedad) de 9,80665 m/s², y mediante sustituciones en la segunda ley de Newton.

F2.1 Los múltiplos exactos para las unidades de masa son:

- (1) 1 gramo = 0,001 kilogramos
- (2) 1 utm = 9,806 65 kilogramos
- (3) 1 lbm = 0,453 592 37 kilogramos
- (4) 1 slug = 14,593 902 9 kilogramos

F2.2 Los múltiplos exactos para las unidades de fuerza son:

- (1) 1 dina = 0,000 01 newton
- (2) 1 kilopondio = 9,806 65 newtons
- (3) 1 poundal = 0,138 254 954 376 newton
- (4) 1 lbf = 4,448 221 615 260 5 newtons

F3. También puede realizarse cualquier mezcla incoherente de unidades de masa, fuerza y aceleración para encajar en la segunda ley de Newton, pero el coeficiente de todos y cada uno de los factores en la ecuación ya no puede ser el número uno (1). He aquí dos ejemplos:

(1) El kilopondio es la fuerza que acelera una masa de 1 kilogramo a 9,80665 metros por segundo al cuadrado. Como alternativa, el kilopondio es la fuerza que acelera una masa de 9,80665 kilogramos a 1 metro por segundo al cuadrado. Observe que 9,80665 kilogramos es exactamente 1 utm, que aparece en la forma coherente mencionada en F1 (3) citado anteriormente.

(2) La lbf es la fuerza que acelera una masa de 1 lbm a 9,80665 metros por segundo al cuadrado. Como alternativa, la lbf es la fuerza que acelera una masa de 1 lbm a 32,175 pies por segundo al cuadrado. Las sustituciones de las anteriores listas de múltiplos exactos presentan esta ecuación en forma del SI. Es decir, 4,448 221 615 260 5 newtons equivalen a 0,453 592 37 kilogramos por 9,80665 metros por segundo al cuadrado, exactamente, donde los valores numéricos se reducen a 1, 1 y 1, respectiva y exactamente.

F4. El peso de un cuerpo en un sistema de referencia especificado es la fuerza que, al aplicarse al cuerpo, le da una aceleración igual a la aceleración local de caída libre en ese sistema de referencia. (ISO 31-3:1992(E), ítem 3-9.2)

F5. La segunda ley de Newton para objetos giratorios, para cuerpos no rígidos, y para objetos de masa cambiante está más allá del alcance de este apéndice.

Apéndice G

Guía para la elaboración de consultas técnicas para los comités técnicos de la AWS.

Este apéndice no forma parte de AWS A1.1:2001, *Guía práctica métrica para la industria de la soldadura*, pero se incluye únicamente para fines informativos.

G1. Introducción

La Junta directiva de la AWS ha adoptado una política por la cual todas las interpretaciones oficiales de las normas de la AWS se manejan de manera formal. Según esa política, todas las interpretaciones quedan a cargo del comité responsable de la norma. La comunicación oficial en relación con la interpretación es a través del miembro del personal de la AWS que trabaja con dicho comité. La política exige que todas las solicitudes para una interpretación sean presentadas por escrito. Tales solicitudes se manejarán con la mayor celeridad posible pero, debido a la complejidad de la tarea y a los procedimientos que se deben seguir, algunas interpretaciones pueden demandar un tiempo considerable.

G2. Procedimiento.

Todas las consultas deberán dirigirse a:

Managing Director, Technical Services
American Welding Society
8669 Doral Blvd,
Doral, FL 33166

Todas las consultas deben incluir el nombre, la dirección y la afiliación de quien realiza la consulta y deben proporcionar información suficiente para que el comité entienda el objetivo de la consulta. Cuando ese objetivo no esté claramente definido, la consulta se devolverá para su aclaración. Para un manejo eficiente, todas las consultas deben escribirse a máquina y en el formato que se especifica aquí.

G2.1 Alcance. Cada consulta deberá abordar una única disposición de la norma, a menos que el objetivo de la consulta comprenda dos o más disposiciones relacionadas. La disposición deberá identificarse en el alcance de la consulta, con la edición de la norma que contiene las disposiciones abordadas.

G2.2 Propósito de la consulta. En esta parte de la consulta se deberá establecer el propósito de la consulta. El propósito puede consistir en obtener una interpretación de los requisitos o solicitar la revisión de una determinada disposición de la norma.

G2.3 Contenido de la consulta. La consulta debería ser concisa pero completa, a fin de que el comité entienda en forma rápida y completa el objetivo de la consulta. Cuando corresponda, se debería usar esquemas y debería citarse todos los párrafos, figuras y tablas (o el apéndice) relacionados con la consulta. Si el objetivo de la consulta es obtener una revisión de la norma, la consulta deberá proveer una justificación técnica de dicha revisión.

G2.4 Respuesta propuesta. La persona que formule la consulta debería, como respuesta propuesta, formular una interpretación de la disposición que represente el objetivo de la consulta o la redacción de la revisión propuesta, si esta fuera la meta de dicha persona.

G3. Interpretación de las disposiciones de la norma

Las interpretaciones de las disposiciones de la norma quedan a cargo del comité técnico correspondiente de la AWS. El secretario del comité remite todas las consultas al presidente del subcomité específico que tiene jurisdicción sobre la sección de la norma a la que hace referencia la consulta. El subcomité analiza la consulta y la respuesta propuesta para determinar la respuesta a la consulta. Con posterioridad al desarrollo de la respuesta por parte del subcomité, tanto la consulta como la respuesta se presentan al comité para su análisis y aprobación. Una vez aprobada por el comité, la interpretación se convertirá en una interpretación oficial de la Sociedad y el secretario transmitirá la respuesta a la persona que formula la consulta y al *Welding Journal* para su publicación.

G4. Publicación de las interpretaciones

Todas las interpretaciones oficiales se publicarán en el *Welding Journal*.

G5. Consultas telefónicas

Las consultas telefónicas a la oficina central de la AWS que estén relacionadas con las normas de la AWS deberían limitarse a preguntas de índole general o asuntos directamente relacionados con el uso de la norma. La política de la Junta directiva de la AWS exige que todos los miembros del personal de la AWS respondan a una solicitud telefónica de una interpretación oficial de cualquier norma de la AWS con la información de que tal interpretación se puede obtener únicamente por medio de una solicitud por escrito. El personal de la oficina central no puede proveer servicios de consulta. Sin embargo, el personal puede remitir a la persona que llama a cualquiera de los consultores cuyos nombres se encuentran en el archivo de la oficina central de la AWS.

G6. Comités técnicos de la AWS

Las actividades de los comités técnicos de la AWS relacionadas con las interpretaciones están limitadas estrictamente a la interpretación de las disposiciones de las normas elaboradas por los comités o a la consideración de revisiones de las disposiciones existentes sobre la base de nueva información o tecnología. Ni el comité ni el personal de la AWS están en posición de ofrecer servicios de interpretación o de consulta sobre: (1) problemas específicos de ingeniería o (2) requisitos de normas aplicados a construcciones fuera del alcance del documento o puntos no cubiertos específicamente por la norma. En esos casos, la persona que formula la consulta debería solicitar la asistencia de un ingeniero competente, con experiencia en el campo particular de interés.